

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра «Інтегровані технології машинобудування»

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ В.А.Пасічник

(підпис)

“ ____ ” _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки -

133 Галузеве машинобудування

(код і назва)

на тему: Свердло комбіноване для оброблення ступінчастих отворів

Виконав: студент III курсу, групи МІ-пб1

(шифр групи)

Буріков Олексій Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник доцент К.Т.Н. Адаменко Ю.І.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант _____

(назва розділу)

_____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2019 року

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ

ВСТУП

1 АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ КОНСТРУКЦІЇ ІНСТРУМЕНТУ

1.1 Вихідні дані для проектування

1.2 Аналіз конструкцій комбінованих інструментів для обробки
ступінчастих отворів

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СТУПІНЧАСТОГО СВЕРДЛА

2.1 Вибір інструментального матеріалу

2.2 Вибір конструктивних елементів

2.2.1 Розподіл припуску між ступенями

2.2.2 Вибір форми пластин

2.2.3 Розрахунок точності базування пластин

3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір заготовки

3.2 Розробка технології виготовлення корпусу інструмента

3.3 Маршрутно-операційна технологія виготовлення корпусу

3.4 Розрахунок режимів різання

4 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ
ФРЕЗЕРУВАННЯ ЛИСКИ

4.1 Розробка фрезерного пристосування для фрезерної операції

4.2 Розрахунок похибки базування в призмі

4.3 Розрахунок сил затиску в пристосуванні

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ІНТЕРНЕТ РЕСУРСІВ

ДОДАТКИ

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Буріков О.О.								
Перевір.		Адаменко Ю.І.								
								НТУУ "КПІ ім. І.Сікорського", ММІ,МІ-п51		
Н. Контр.										
Затверд.										

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект присвячений розробці комбінованого свердла зі змінними твердосплавними пластинками, який слугує для обробки наскрізного ступінчастого отвору Ø86,5H11/ Ø112H14 у деталі із сірого чавуну. Розроблено 3D-модель, робоче креслення комбінованого свердла та технологія його виготовлення. Спроектовано верстатне пристосування на одну з операцій технологічного процесу. В дипломній роботі проведено аналіз існуючих конструкцій інструментів для обробки ступінчастих отворів, спроектовано конструкцію комбінованого свердла, де було проведено обґрунтування конструктивних елементів, проведено розрахунки похибок базування та сил затиску у пристосуванні

Ключові слова: комбіноване свердло, обробка ступінчастих отворів, твердосплавні змінні пластинки, технологія виготовлення, фрезерне пристосування, похибка базування.

ANOTATION

The diploma project is devoted to the development of a combined drill with replaceable carbide plates, which serves to process the stepped through hole Ø86,5H11 / Ø112N14 in the gray cast iron part. A 3D model, a working drawing of a combined drill and a technology for its manufacture have been developed. A machine-tool device for one of the operations of the technological process was designed. In diploma there are the analysis of existing constructions of tools for processing step holes was conducted, a design of a combined drill was designed, where the substantiation of structural elements was carried out, calculations of errors of the base and clamping forces in the device were made.

Key words: combined drill, processing of stepped holes, carbide plate variables, manufacturing technology, milling device, error of basing..

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Свердління — це один із найпоширеніших технологічних методів отримання отворів різанням, вид механічної обробки металів, сплавів та неметалічних матеріалів, в процесі якого за допомогою спеціального різального інструменту (свердла), якому надають обертальний рух – головний рух та поступальний рух – рух подачі, отримують отвори різного діаметру, глибини та конфігурації, також можливе отримання отворів, що мають огранку, овальність, різний перетин та можуть бути ступінчастими. Даний метод обробки є початковою ланкою для подальшого розточування, зенкерування, розвертання та інших операцій. Точність отриманих отворів після свердління 11...14 квалітети. Шорсткість поверхонь отворів – $Ra = 12,5 \dots 6,3$ мкм.

Під час виготовлення ступінчастих отворів в деталі «секція вала» в умовах виробництва використовується комбінований збірний інструмент, застарілої конструкції, що призводить до збільшення витрат на виробництво продукції.

Метою дипломного проекту є розробка комбінованого інструменту оснащеного змінними пластинами твердого сплаву, для обробки отворів в деталях з сірого чавуну СЧ20. Для досягнення поставленої мети в дипломному проекті вирішені такі задачі:

- Виконаний аналіз конструкцій інструментів для обробки ступінчастих отворів;
- Розроблена конструкція ступінчастого свердла;
- Виконаний аналіз точності інструменту, оснащеного змінними пластинами;
- Розроблена технологія виготовлення корпусу інструменту;
- Розроблена конструкція верстатного пристосування для проведення операції фрезерування лиски, виконаний розрахунок сили затиску та точності базування.

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ КОНСТРУКЦІЙ ІНСТРУМЕНТУ

1.1 Вихідні дані для проектування

На виробництві ПАТ БМЗ «Прогрес» виготовляється деталь «секція вала». Матеріал деталі – чавун сірий марки СЧ20 ГОСТ 1412-85, хімічний склад та механічні властивості якого наведені в таблицях представлених нижче (табл. 1.1-1.2):

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сірого чавуну СЧ20 ГОСТ 1412-85

Вуглець (C)	Кремній (Si)	Марганець (Mn)	Сірка (S)	Фосфор (P)
3,3–3,5	1,4-2,4	0,7-1,0	до 0,15	до 0,2

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сірого чавуну СЧ20 ГОСТ 1412-85

Границя міцності при розтязі (МПа)	200
Відносне подовження (%)	0,4-0,7
Твердість по Бріннелю (НВ)	143-255

На циліндричній поверхні деталі (рис. 1.1-1.3) розташовані 36 ступінчастих отворів, для обробки яких пропонується виконати проектування різального інструменту.

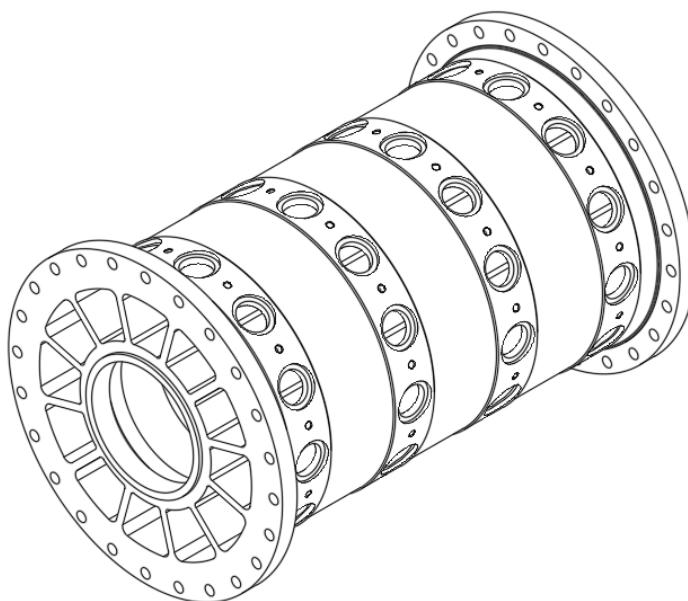


Рисунок 1.1 – Зображення деталі «секція вала»

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

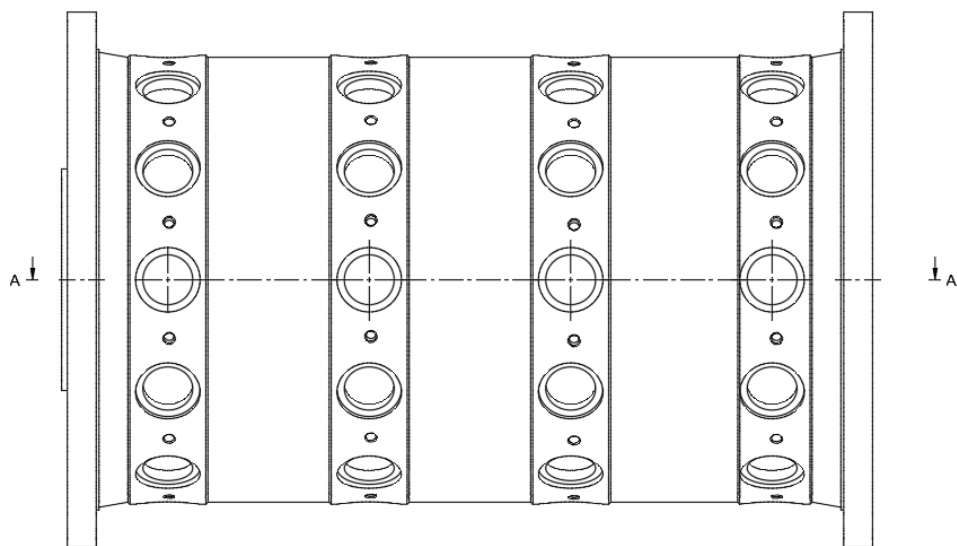


Рисунок 1.2 – Бічна проекція деталі «секція вала»

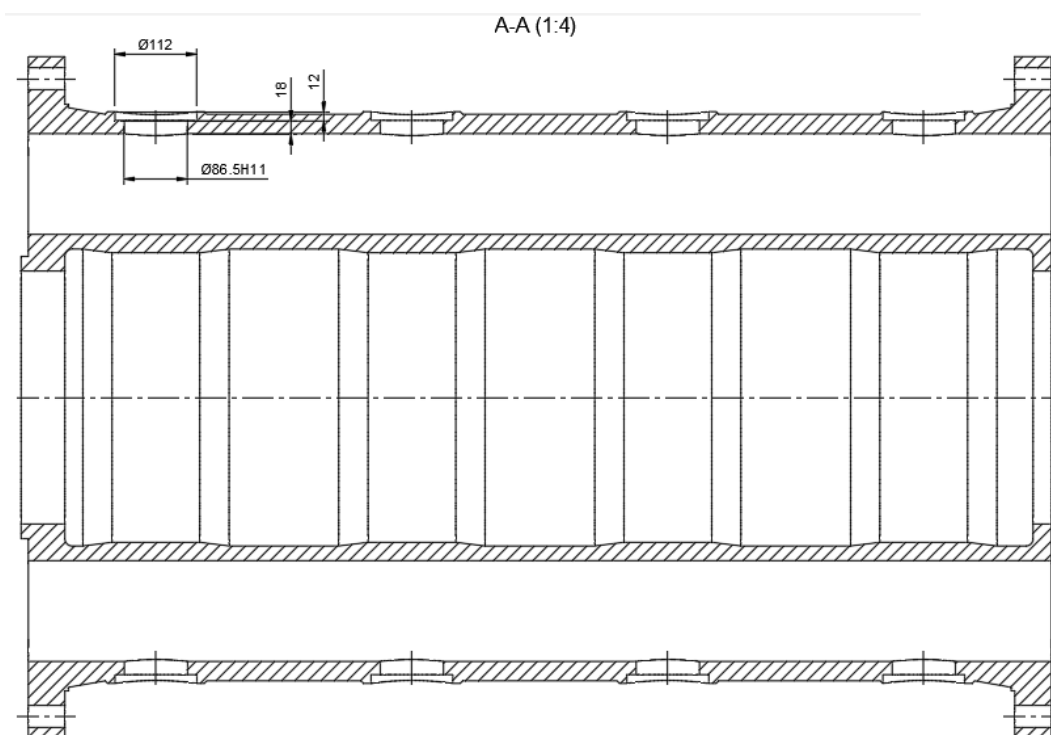


Рисунок 1.3 – Розріз А-А деталі «секція вала»

Конфігурація ступінчатого отвору представлена на рисунку наведеному нижче (рис. 1.4):

Отвір першої ступені – $\text{Ø}112\text{H}14$, $\text{Ra}20$

Отвір другої ступені – $\text{Ø}86.5\text{H}11$, $\text{Ra}10$

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

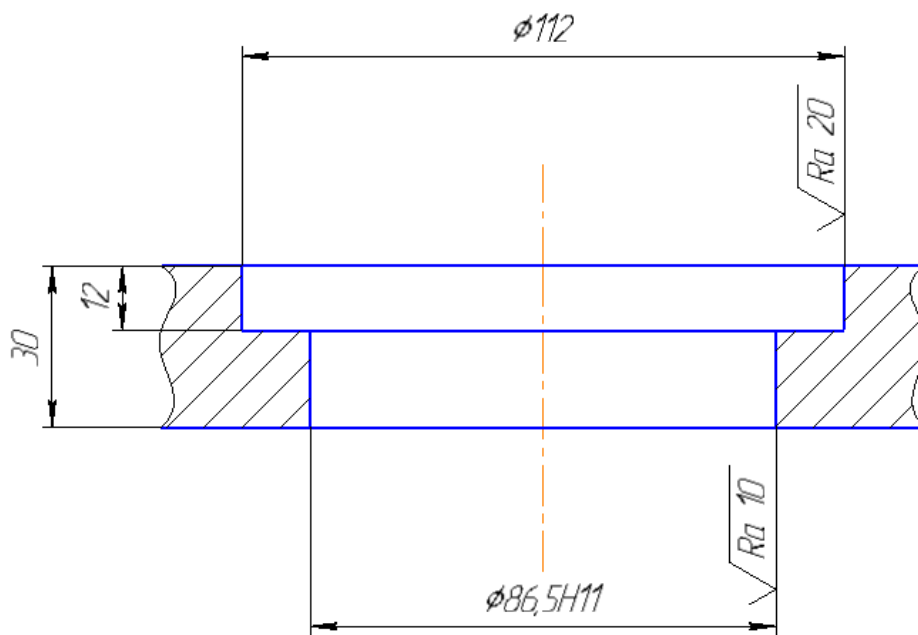


Рисунок 1.4 – Ступінчатий отвір деталі

Так як на одній деталі виконано 36 таких отворів – доцільно використовувати комбінований інструмент, що дасть змогу скоротити машинний час на обробку деталей.

Для обробки заданої деталі на виробництві застосовували інструмент, конструкція якого наведена нижче (рис. 1.5).

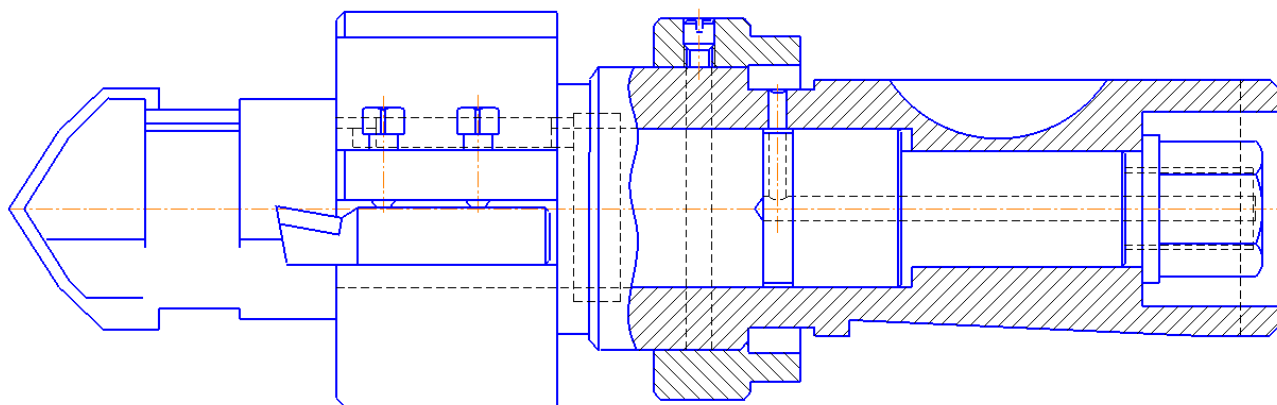


Рисунок 1.5 – Ескіз вихідного інструменту

В основі даного інструменту закладено використання центрального свердла із різальною частиною у вигляді перової вставки ламаної форми, яка

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кріпиться напайним методом. Дане свердло встановлюється у пустотілу оправку із лискою та шпонковим пазом під сегментну шпонку та фіксується за гайкою.

Друга ступінь являє собою розточувальну головку у корпус якої монтуються два різці із напайними пластинками та затискаються чотирма гвинтами. Розточувальна головка має можливість переміщення в осьовому напрямку та фіксацію.

В якості матеріалу різальної частини як центральної перової пластини так і напайних пластин на державках різців, виступає вольфрамо-кобальтовий твердий сплав марки ВК8 ГОСТ 3882-74. Хімічний склад сплаву: карбіди вольфраму 92%, 8% кобальт.

Недоліком такої конструкції є:

- Використання різальних частин, кріплення яких проведено методом напаявання;
- Необхідність переточування та налаштування після поновлення працездатності;
- Перевитрата матеріалу на виготовлення корпусу інструмента;
- Низька точність інструменту;
- Неможливість точного регулювання вильоту різців.

Для усунення вказаних недоліків та розробки нової конструкції свердла необхідно виконати аналіз існуючих конструкцій комбінованого інструменту для обробки ступінчастих отворів.

1.2 Аналіз конструкцій комбінованих інструментів для обробки ступінчастих отворів

1. Конструкції фірми «Walter».

Комбінований інструмент «Feinbohrkurzklemmhalter» (рис. 1.6).

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.6 – Комбінований інструмент «Feinbohrkurzklemhalter» [1]

У даній конструкції застосовані змінні твердосплавні пластинки ромбічної форми із кутом при вершині 80° , рухомі блоки, що дають змогу регулювати виліт пластин, тобто є можливість регулювання довжину кожної ступені отвору окремо. Подача ЗОТС - по внутрішнім каналам.

До переваг даної конструкції можна віднести:

- Незначне використання інструментального матеріалу за рахунок застосування змінних твердосплавних пластин;
- Можливість регулювання самого інструменту;

До можливих недоліків можна віднести:

- Велику кількість рухомих частин, що може викликати недостатню жорсткість конструкції та вібрації.

Комбінований інструмент «Pointdrill» (рис. 1.7):

Ця конструкція комбінованого свердла передбачає застосування центрної перової вставки та ромбічних твердосплавних пластин на ступенях, усі різальні частини мають кріплення гвинтом TORX. В корпусі свердла наявні канали для підводу ЗОТС.

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.7 – Комбінований інструмент «Pointdrill» [2]

До переваг такої конструкції можна віднести:

- Застосування центральної перової різальної частини, що забезпечує покращене врізання та центрування отвору;
- Застосування ромбічних різальних частин;
- Розподіл зрізаного припуску між ступенями;
- Внутрішній підвід ЗОТС.

З недоліків можна виділити:

- Застосування хвостовика з різзю та як наслідок – неможливість використання для великих діаметрів отворів.

Комбіноване свердло із фасочним модулем «Xtra-tec D4580» (рис. 1.8).

Дана конструкція поєднує в собі застосування свердла, яке може бути як цільним так і з напайними різальними крайками та фасочного модуля.

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

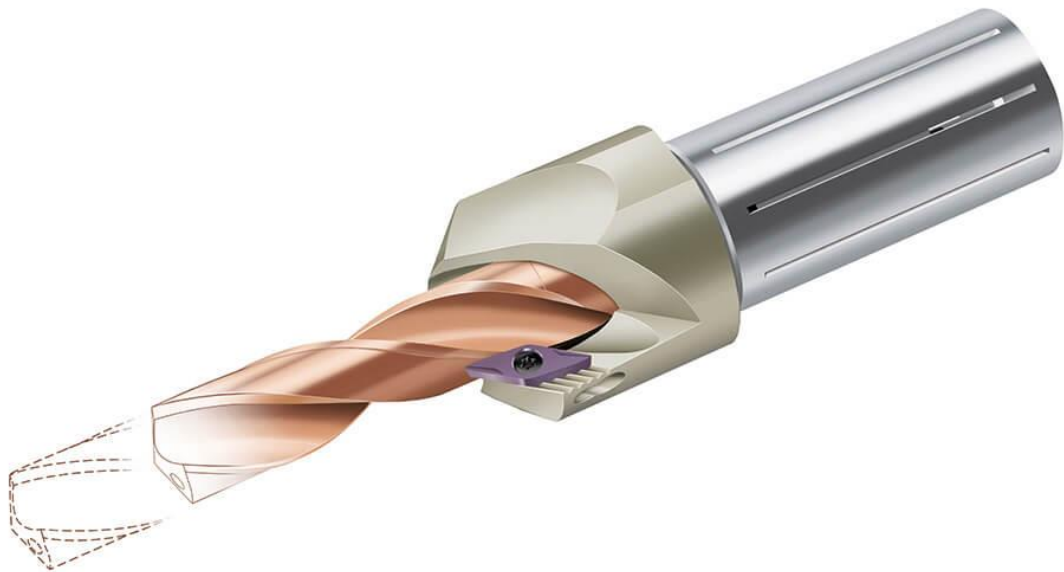


Рисунок 1.8 – Свердло із фасочним модулем «Xtra-tec D4580»

Перевагами такої конструкції є:

- Можливість переточування свердла;
- Можливість зміни свердла та фасочного модуля, що дає змогу застосовувати фасочні модулі із різними формами пазів під змінні багатогранні пластинки;
- Внутрішні канали підводу ЗОТС;
- Можливість установки модуля на різній довжині.

До недоліків можна віднести:

- Перевитрату інструментального матеріалу, за рахунок використання цільного або паяного свердла;
- Недостатня жорсткість фасочного модуля.

1. Конструкція фірми «Sandvik Coromant» (рис 1.9):

В даній конструкції застосовано цільний корпус із пазами під твердосплавні багатогранні пластинки з механічним кріпленням, внутрішні канали для підводу ЗОТС, пластини: ромбічні, квадратні та спеціальна пластина «Step Technology», що покращує врізання та центрування свердла.

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

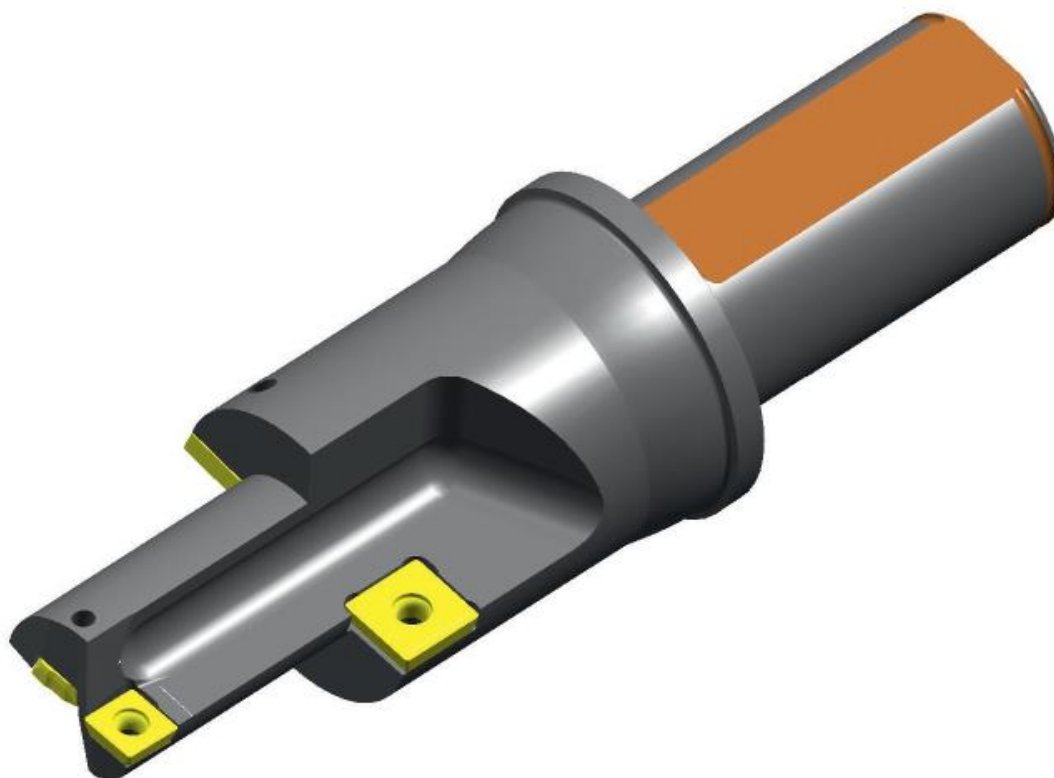


Рисунок 1.9 – Комбіноване свердло на базі «CoroDrill 880»

Перевагами такої конструкції є:

- Використання багатограних пластин із механічним кріпленням, що дає змогу повторного використання граней пластини;
- Внутрішній підвід ЗОТС;
- Пластина спеціальної форми, для кращого врізання та центрування свердла;

Недоліками даної конструкції є:

- Громіздкий та матеріалозатратний корпус;
- Неможливість застосування для обробки отворів великого діаметру, через обмеженість в розмірах стандартних пластин;

2. Конструкція фірми «Seco Tools» (рис. 1.10):

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.10 – Свердлильна головка «Perfomax» [5]

У конструкції дано свердлильної головки застосовано «пілотне» свердло із каналами для подачі ЗОТС, цільний корпус, що має підвід ЗОТС та пази під картриджі із твердосплавними квадратними пластинами.

Переваги даної конструкції:

- Застосування центральної вставки у вигляді свердла, що полегшує врізання у матеріал заготовки;
- Використання змінних картриджів, що дає змогу швидкої зміни зношених різальних елементів без втрати попереднього розміру;
- Канали для внутрішнього підводу ЗОТС;

До недоліків можна віднести:

- Загальну складність конструкції;
- При застосуванні такого типу конструкції для заданої деталі – необхідно збільшити кількість картриджів та встановити їх у шаховому порядку, для забезпечення перекриття. Також збільшиться розмір центральної свердлильної вставки;

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Конструкція фірми «Allied Machine & Engineering» (рис. 1.11):



Рисунок 1.11 – Регульоване свердло «Revolution Drill» [6]

Хоча дана конструкція і не є ступінчатим або комбінованим свердлом, але вона також забезпечує обробку заданого отвору за рахунок рухомих блоків із змінними твердосплавним пластинками. Корпус свердла оснащений наскрізним каналом для підведення ЗОТС, рифленням, по якому можливе переміщення блоку із змінними пластинами.

Переваги:

- Застосування рухомих блоків, що дає змогу регулювати діаметр оброблюваного отвору;
- Вести обробку одним інструментом ступінчатих отворів;
- Внутрішній підвід ЗОТС;
- Можливість установки блоків із різною геометрією пластин;

Недоліки:

- Вузький діапазон регулювання блоків до 5,1 мм на діаметр;
- Необхідність послідовної обробки кожної ступені отвору;
- Необхідність переналагодження на інші діаметри отворів;

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Конструкція цільного ступінчатого свердла (рис. 1.12):

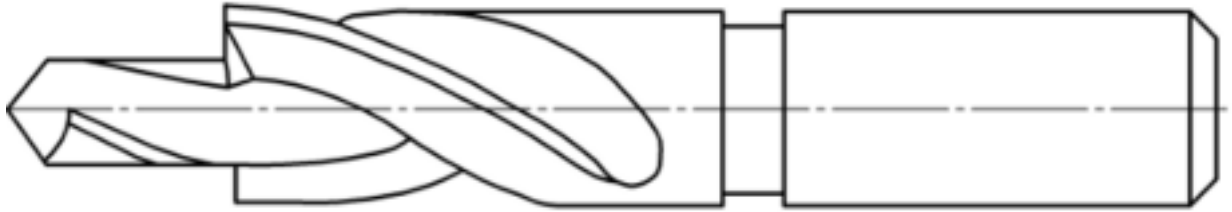


Рисунок 1.12 – Схематичне зображення цільного ступінчатого свердла

Конструкція такого інструменту є давно вивченою та довгий час використовується на різноманітних підприємствах. В цьому випадку свердло являє собою зазвичай хвостовик із конструкційних легованих сталей до якого клеять, паяють або приварюють робочу частину із більш дорогої інструментальної сталі або твердого сплаву. Підвід ЗОТС в такому випадку відбувається поливом або відсутній взагалі.

Переваги:

- Проста конструкція, що є перевірена часом;
- Застосування твердого сплаву;
- Можливість переточування зношених різальних кромek із збереженням розмірів оброблюваних отворів;

Недоліки:

- Велика витрата інструментальних матеріалів при обробці отворів великого діаметру;
- Відсутність внутрішніх каналів для подачі ЗОТС;
- За рахунок використання цільної конструкції, а не змінних пластин збільшується вартість інструменту через неможливість повторного використання корпусу.

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інструмент, що наведений в огляді можна класифікувати за наступними конструктивними ознаками:

1. - За конструкцією:

1.1 - Цільні;

1.2 - Складені;

1.3 - Збірні;

1.2.1 - Зі змінними пластинами:

1.2.1.1 - Квадратними;

1.2.1.2 - Трикутними;

1.2.1.3 - Ромбічними;

1.2.1.4 - Ламаний трикутник;

1.2.2 - Із модулем;

2. - За хвостовиком:

2.1 - Конічні:

2.1.1 - Конус Морзе;

2.1.2 - Конус 7:24;

2.2 - HSK (Hohlschaftkegel);

2.3 - Sandvik Coromant Capto;

2.4 Циліндричний з лискою та пазом;

3. - За методом кріплення різальної частини:

3.1 - Напайка;

3.2 - Механічне:

3.3 - У касеті або картриджі;

3.2.1 - Гвинтом;

3.2.2 - Косою тягою;

4. - За видом стружкової канавки:

4.1 - Пряма;

4.2 - Гвинтова;

5. - За подачею ЗОТС:

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1 - Внутрішня;

5.2 - Поливом;

5.3 – Відсутня.

Для заданих умов обробки деталі можна вибрати ряд ознак нового інструменту, що забезпечить продуктивність та точність обробки: за конструкцією інструмент має бути збірним (розмір отвору в деталі складає 112 мм); за формою многогранних різальних пластин – трикутні, квадратні, ромбічні, шестигранні – на початковому етапі визначитись складно, необхідно провести додатковий аналіз; за формою хвостовика - циліндричний з лискою та пазом (оскільки на верстаті, на якому виконується ця операція, вже встановлений такий патрон); метод кріплення пластини – механічний гвинтом; форма стружкових канавок – пряма, застосування охолоджувальної рідини не потрібне (оскільки виконується обробка сірого чавуну).

Розглянувши наведені конструкції та порівнявши переваги та недоліки, за базову конструкцію для подальшої розробки доцільно взяти інструмент CoroDrill 880 проте діапазон стандартних розмірів даного інструмента є обмежений (12-84 мм) і не відповідає заданій конфігурації отворів. Даний інструмент має: високу жорсткість, точність і може бути застосований на цій операції після доопрацювання конструкції.

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СТУПІНЧАСТОГО СВЕРДЛА

2.1 Вибір інструментального матеріалу

В якості інструментального матеріалу для обробки чавунів виступають тверді сплави марок ВК6, ВК8 та ВК6ОМ.

Сферами застосування сплавів є:

- ВК6 - чорнове і напівчорнове точіння, попереднє нарізання різьей токарними різцями, напівчистове фрезерування площин, розсвердлювання та свердління отворів, зенкерування сірих чавунів, кольорових металів та сплавів, обробка неметалічних матеріалів.
- ВК6ОМ - чистова та напівчистова обробка твердих, легованих і білих чавунів, загартованих сталей, деяких марок нержавіючих, високоміцних і жароміцних сталей і сплавів, особливо сплавів на основі титану, вольфраму і молібдену. Операції механічної обробки для якої використовують даний матеріал – точіння, розточування, розгортання, нарізання різьей, шабрування.
- ВК8 - обробка нержавіючих, високоміцних і жароміцних важкооброблюваних сталей і сплавів, в тому числі сплавів титану та чавунів. Операції механічної обробки для якої використовують даний матеріал – чорнове стругання при нерівномірному перетині зрізу і переривистому різанні, чорнове фрезерування, свердління, чорнове розсвердлювання, чорнове зенкування сірого чавуну, кольорових металів і їх сплавів і неметалічних матеріалів.

Для використання в якості інструментального матеріалу в проєктованому інструменті приймаємо твердий сплав марки ВК8 ГОСТ 3882-74, дане рішення було прийняте на основі використання даного матеріалу у конструкції вихідного інструменту.

2.2 Вибір конструктивних елементів

2.2.1 Розподіл припуску між ступенями

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розглянувши конструкції комбінованих інструментів та їх стандартні діаметри обробки, було помічено, що розмір оброблюваних отворів виходить за межі стандартних типорозмірів інструментів, тому вирішено розглянути два варіанти виконання компоновки інструменту із різним поділом припуску між ступенями:

- А) Виконання 1 – двоступінчасте (рис. 2.1):

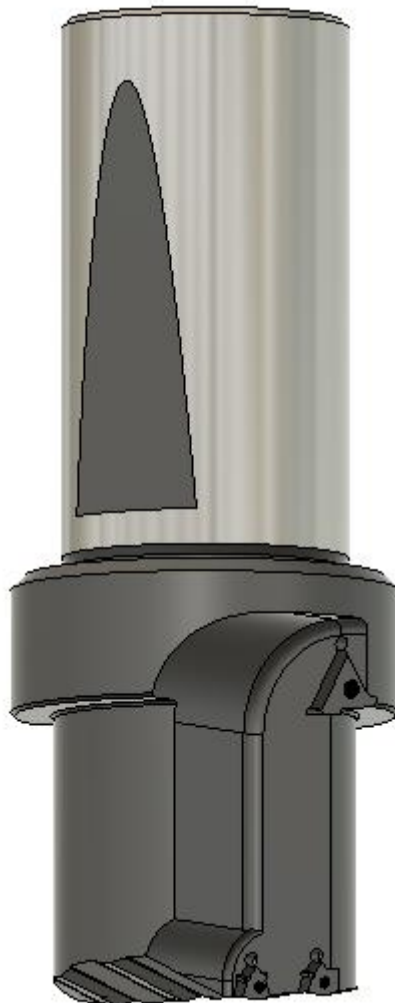


Рисунок 2.1 – Зображення корпусу інструменту із двоступеневим виконанням

Дана конструкція передбачає використання двох ступенів, по одній ступені на обробку кожного отвору, в даному випадку припуск на першій ступені розподіляється між пластинами тригональної форми, розташованих у шаховому порядку для забезпечення перекриття між пластинами.

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Б) Виконання 2 – триступеневе (рис. 2.2)

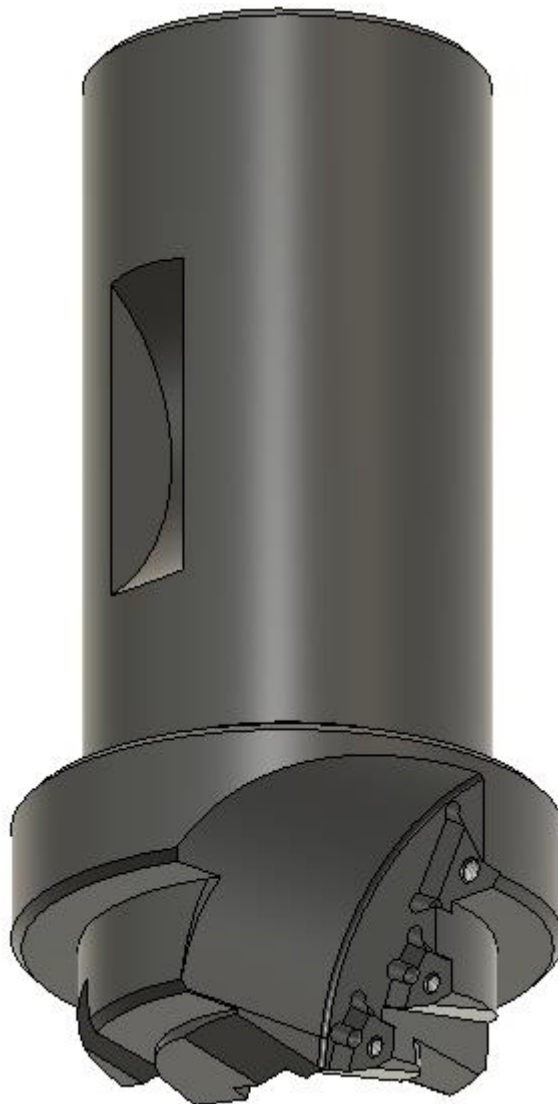


Рисунок 2.2 – Зображення корпусу інструменту із триступеневим виконанням

У цій конструкції запропоновано вести обробку отвору меншого діаметру із розподілом припуску між двома ступенями, а оброблення отвору більшого діаметру вести як і у конструкції виконання 1.

Для подальшого проектування було прийняте рішення використовувати виконання 2. Використання такої конструкції дозволяє зменшити сили різання при обробці отвору $\varnothing 86,5H11$, так як об'єм зрізуваного матеріалу буде розподілюватись між двома ступенями,

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

покращити врізання та центрування отвору за рахунок поступового розсвердлювання отвору.

2.2.2 Вибір форми пластин

На першу ступінь свердла можна прийняти квадратні, тригональні та пластини спеціальної форми від різних виробників інструментальних систем. Найдоцільнішим до використання будуть пластини тригональної форми, так як їх можна встановлювати перпендикулярно до осі інструменту, на відміну від пластин квадратної форми, такі пластини мають оптимальний розподіл зрізаного матеріалу по всій довжині різальних кромek. При цьому до використання можна прийняти як і позитивні так і негативні пластини, в даному випадку прийняте рішення використовувати позитивні пластини, тобто пластини, які мають задній кут $\alpha = 7^\circ$, це дасть змогу виконати паз під пластини перпендикулярним до осі інструменту.

На другу ступінь виходячи із параметрів оброблюваного отвору підходять пластини ромбічної з кутом при вершині 80° , трикутної та квадратної форми. Приймаємо до застосування пластину трикутної форми, так як дана пластина має найбільшу довжину різальних кромek із трьох запропонованих, таким чином це дасть змогу розташувати пластини на одному діаметрі без зміщення для забезпечення перекриття.

Отже на першому ступені будуть застосовуватись пластини тригональної форми (ламаний трикутник із кутом при вершині 80°), а на другій – трикутної форми, обидві пластини є позитивними, задній кут $\alpha = 7^\circ$, передній кут $\gamma = 5^\circ$, кут нахилу різальної кромки $\lambda = 0^\circ$.

Остаточню приймаємо:

- Тригональної форми (з кутом при вершині 80°) (рис. 2.3) WCMX080412-86 T400D – така пластина виготовлена із твердого сплаву GC1020 (HC) K10-K30, даний сплав є аналогом вітчизняного BK8. Пластина має передній кут $\gamma = 7^\circ$, задній кут $\alpha = 7^\circ$, що забезпечує

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оптимальні сили різання. Також присутній тороїдальний отвір під кріплення гвинтом.

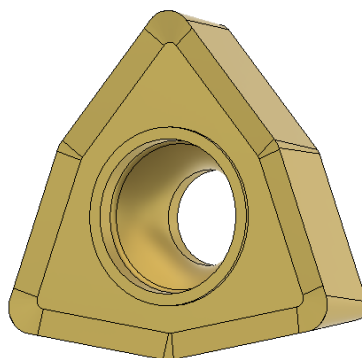


Рисунок 2.3 – Зображення 3D моделі тригональної змінної пластинки створене у CAD програмі Fusion 360

- Трикутної форми (з кутом при вершині 60°) (рис. 2.4) TCMW-220404 ГОСТ 27301-87 – аналогічно попередній пластині, дана пластина має передній кут $\gamma = 7^\circ$, задній кут $\alpha = 7^\circ$ та тороїдальний отвір під кріплення гвинтом.

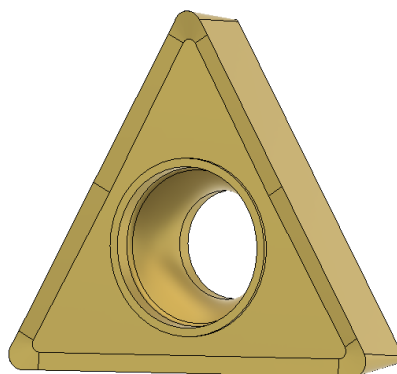


Рисунок 2.4 – Зображення 3D моделі трикутної змінної пластинки створене у CAD програмі Fusion 360

До використання в якості матеріалу корпусу пропонуються сталі сталь 40Х ГОСТ 4543-71 або аналоги у вигляді сталей: сталь 45Х, 40ХС, 40ХН, 38ХА, 40ХФА, 40 ХГТР.

До використання приймаємо Сталь 40Х:

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Хімічний склад та механічні властивості Сталі 40Х ГОСТ 4543-71 наведено у таблицях представлених нижче (табл. 3.1-3.2).

Таблиця 3.1 – Хімічний склад у % Сталі 40Х ГОСТ 4543-71

Вуглець (C)	Кремній (Si)	Марганець (Mn)	Нікель (Ni)	Сірка (S) та фосфор (P)	Хром (Cr)	Мідь (Cu)
0,36–0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	до 0,3	до 0,035	0,8-1,1	до 0,3

Таблиця 3.2 – Механічні властивості Сталі 40Х ГОСТ 4543-71

Границя міцності при розтязі (МПа)	980
Відносне подовження (%)	45
Відносне звуження (%)	10
Твердість по Бріннелю (НВ)	156-197

2.2.3 Розрахунок точності базування пластин

Для більшості інструментів сучасної конструкції доцільно застосовувати змінні твердосплавні пластини, застосування яких дає можливість підвищити точність обробки поверхонь, зменшити час на обробку, знизити витрату часу на поновлення працездатності інструменту, а також використовувати підвищені режими різання в порівнянні із інструментом цільних або складених конструкцій виготовлених із швидкорізальних сталей.

В даному розділі буде проведено визначення похибок встановлення наступних пластин:

А) Трикутна (рис. 2.5) – 01229 – 2204 04 ВК8 ГОСТ 27301-87 – цифрове позначення; ТСМТ – 220404 ГОСТ 27301-87 – буквенно-цифрове позначення;

Б) Ромбічна з кутом при вершині 80° (рис. 2.6) – 05229 – 190612 – цифрове позначення; ССМТ – 190612 – буквенно-цифрове позначення;

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В) Квадратна пластина (рис. 2.7) – 03229 – 190612 – цифрове позначення; SCMT – 190612 – буквенно-цифрове позначення.

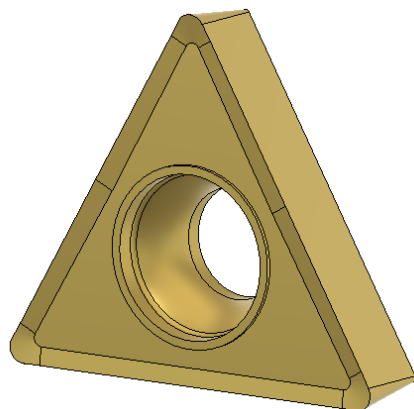


Рисунок 2.5 – Зображення трикутної пластини виконане у САПР програмі Fusion 360

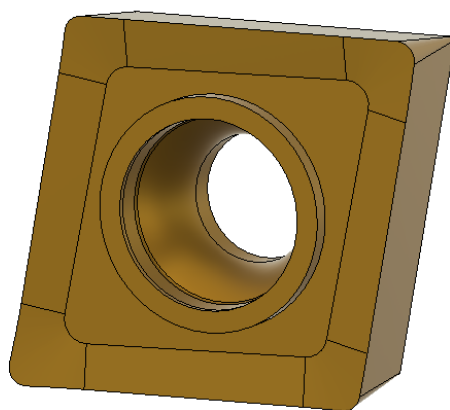


Рисунок 2.6 – Зображення ромбічної пластини виконане у САПР програмі Fusion 360

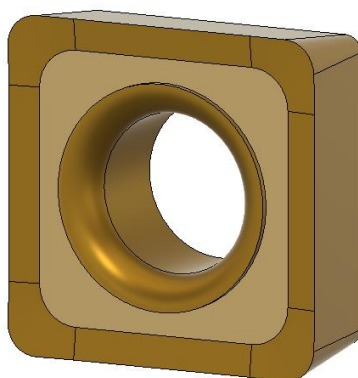


Рисунок 2.7 – Зображення квадратної пластини виконане у САПР програмі Fusion 360

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для того щоб надійно закріпити та збазувати змінну многогранну пластину в корпусі інструменту та на пластинах передбачені точно виготовлені опорні бічні та торцеві поверхні. За рахунок неточності виготовлення, встановлення чи інших чинників, що впливають на точність встановлення пластин виникають похибки базування, в свою чергу дані похибки впливають на точність оброблюваних поверхонь.

Похибки базування пластин можна визначити склавши розмірний ланцюг.

Для того, щоб скласти розмірний ланцюг потрібно зобразити розрахункові схеми для трьох пластин (рис. 2.8-2.10):

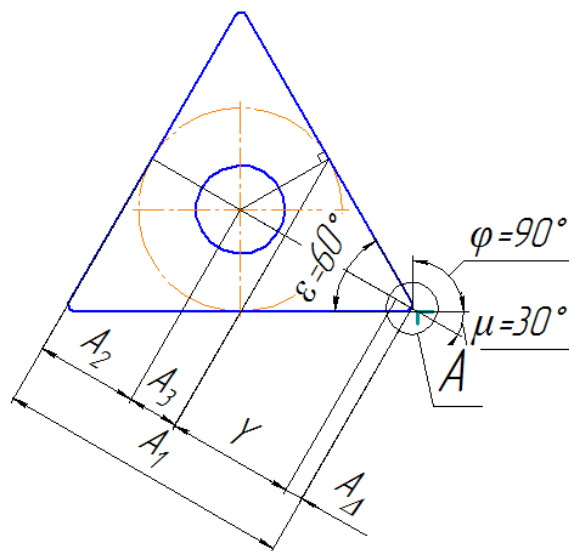


Рисунок 2.8 – Розрахункова схема трикутної пластини

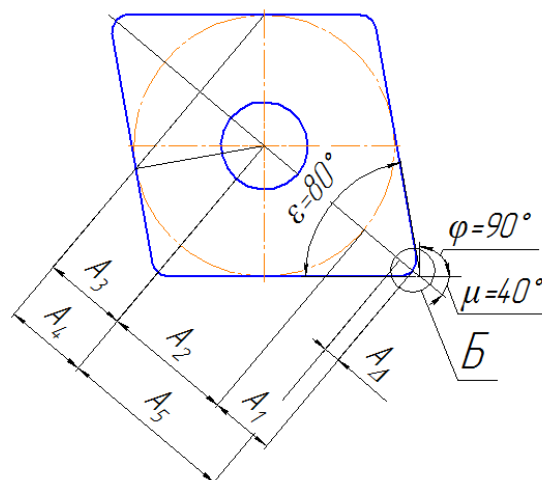


Рисунок 2.9 – Розрахункова схема ромбічної пластини

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

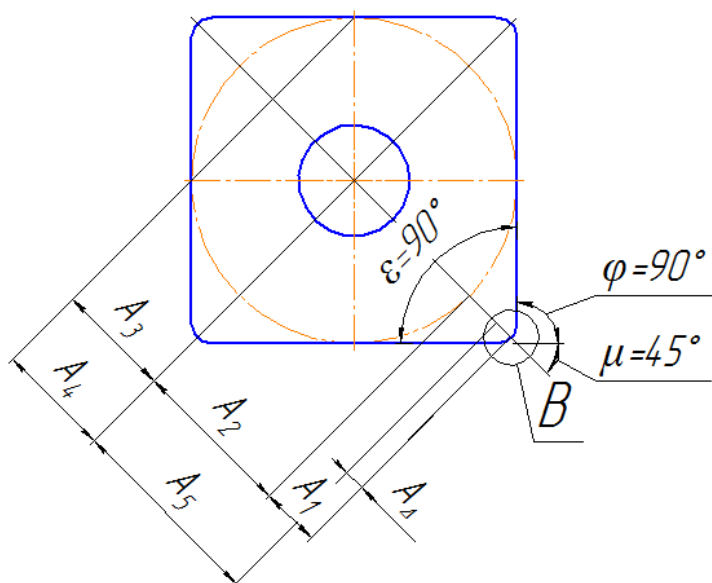


Рисунок 2.10 – Розрахункова схема квадратної пластини

Похибку базування визначають шляхом додавання допусків складових ланок розмірного ланцюга за ймовірнісним методом.

$$A_{\Delta} = \left(\sqrt{T_m^2 + T_{0,5d}^2 + T_n^2 + T_{0,5d1}^2} \cdot \cos \gamma_{ПД} + \Delta s \cdot \sin \gamma_{ПД} \right) \cdot \cos \mu$$

Складові даного виразу:

- T_m – допуск на величину m пластини;
- $T_{0,5d}$ – допуск на половину діаметра вписаного кола;
- T_n – допуск на відхилення від співвісності осей кріпильного отвору і вписаного кола;
- $T_{0,5d1}$ – допуск на половину діаметра отвору пластини;
- $\gamma_{ПД}$ – поздовжній передній кут:

$$\operatorname{tg} \gamma_{ПД} = \operatorname{tg} \gamma \cdot \cos \varphi + \operatorname{tg} \lambda \cdot \sin \varphi$$

- γ – передній кут в плані;
- φ – головний кут в плані;
- λ – кут нахилу різальної кромки;
- Δs – допуск на товщину пластини;
- μ – кут між напрямком похибки A_{Δ} і радіальним напрямком Δx в плані;

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\mu = (90^\circ + \frac{\varepsilon}{2}) - 90^\circ$$

- ε – кут при вершині різальної пластини;

Допуски на параметри пластин за ГОСТ 19047-80:

А) Трикутна:

- $T_m = \pm 0,20$ мм;
- $T_{0,5d} = \pm 0,13$ мм;
- $T_n = \pm 0,100$ мм;
- $T_{0,5d1} = \pm 0,13$ мм;
- $\Delta s = \pm 0,13$ мм;

Б) Ромбічна:

- $T_m = \pm 0,27$ мм;
- $T_{0,5d} = \pm 0,18$ мм;
- $T_n = \pm 0,100$ мм;
- $T_{0,5d1} = \pm 0,13$ мм;
- $\Delta s = \pm 0,13$ мм;

В) Квадратна:

- $T_m = \pm 0,27$ мм;
- $T_{0,5d} = \pm 0,18$ мм;
- $T_n = \pm 0,100$ мм;
- $T_{0,5d1} = \pm 0,13$ мм;
- $\Delta s = \pm 0,13$ мм;

Розрахунок кутів:

А) $tg \gamma_{пл} = tg 5^\circ \cdot \cos 90^\circ + tg 0^\circ \cdot \sin 90^\circ = 0^\circ$ - поздовжній передній кут у всіх трьох випадках однаковий;

А) $\mu = (90^\circ + \frac{60^\circ}{2}) - 90^\circ = 30^\circ$ - кут між напрямком похибки A_Δ і

радіальним напрямком Δ_x в плані для трикутної пластини;

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{Б) } \mu = (90^\circ + \frac{80^\circ}{2}) - 90^\circ = 40^\circ - \text{ кут між напрямком похибки } A_\Delta \text{ і}$$

радіальним напрямком Δ_x в плані для квадратної пластини;

$$\text{В) } \mu = (90^\circ + \frac{90^\circ}{2}) - 90^\circ = 45^\circ - \text{ кут між напрямком похибки } A_\Delta \text{ і}$$

радіальним напрямком Δ_x в плані для квадратної пластини;

Отримавши всі проміжні дані можна провести розрахунок похибки базування:

А) Для трикутної пластини:

$$A_\Delta = \left(\sqrt{0,20^2 + 0,13^2 + 0,1^2 + 0,13^2} \cdot \cos 0^\circ + 0,26 \cdot \sin 0^\circ \right) \cdot \cos 30^\circ = 0,250 \text{ мм}$$

Б) Для ромбічної пластини:

$$A_\Delta = \left(\sqrt{0,27^2 + 0,18^2 + 0,1^2 + 0,13^2} \cdot \cos 0^\circ + 0,26 \cdot \sin 0^\circ \right) \cdot \cos 40^\circ = 0,278 \text{ мм}$$

В) Для квадратної пластини:

$$A_\Delta = \left(\sqrt{0,27^2 + 0,18^2 + 0,1^2 + 0,13^2} \cdot \cos 0^\circ + 0,26 \cdot \sin 0^\circ \right) \cdot \cos 40^\circ = 0,278 \text{ мм}$$

Порівнявши отримані чисельні значення похибок базування пластин, можна зробити висновок, що обрана пластина трикутної форми має найменшу похибку базування та є оптимальним вибором для обробки отвору $\varnothing 112 \text{ H}14$, так як похибка на базування пластини є меншою за допуск на оброблюваний отвір:

$$A_{\Delta A} < A_{\Delta B} = A_{\Delta B}$$

$$0,250 < 0,278 = 0,278$$

$$A_\Delta \cdot 2 < IT_d$$

$$0,250 \cdot 2 < 0,87.$$

Таким чином із виразу наведеного вище маємо, що подвійна похибка базування твердосплавної пластини на сторону є меншою за допуск на заданий отвір і попередньо прийнята пластина трикутної форми забезпечує заданий розмір.

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір заготовки

При виборі заготовки важливим фактором є економія матеріалу, так як зменшення витрати матеріалу на заготовку, зменшує собівартість виготовлення інструменту.

Використання поковок може зменшити витрату матеріалу заготовки у стружку і внаслідок собівартість, але так як тип виробництва інструменту – одиничний/малосерійний, то за рахунок дороговизни використання ковальсько-штампового обладнання застосування поковок не ж доцільним. Тому економічно вигідніше буде використати заготовку у вигляді прокату (прутка). Найближчий стандартний діаметр прокату (прутка) сталі 40Х є 115 мм, ГОСТ 2590-88.

Так як корпус має циліндричну форму, то доцільним буде використання в якості заготовки прокат. Вибір розміру прокатного прутка виконуємо за найбільшим діаметром корпусу інструмента – Ø108 мм. Таким чином, із врахуванням номенклатури гарячекатаного прокату, приймаємо розмір заготовки Ø115 мм за ГОСТ 2590-88 (рис.3.2).

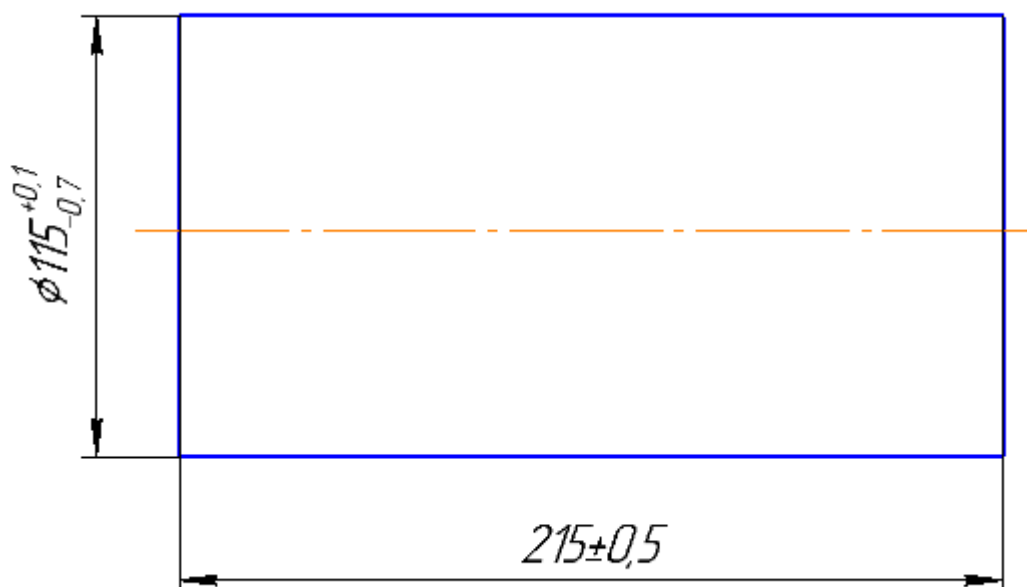


Рисунок 3.1 – Ескіз заготовки інструменту

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Розробка технології виготовлення корпусу інструмента

Для того, щоб забезпечити оптимальний маршрут виготовлення інструменту, зменшити номенклатуру обладнання, що буде використане та підвищити продуктивність було прийняте рішення скласти п'ять базових технологічних процесів. З креслення корпусу інструменту та технічних вимог на його виготовлення складаємо логічні умови:

- A₁ – підвищення твердості хвостовика;
- A₂ – зменшення шорсткості хвостовика;
- A₃ – зменшення граничних відхилень зовнішнього діаметра;
- A₄ – зменшення граничних відхилень загальної довжини;
- A₅ – зменшення радіального биття;
- A₆ – зменшення допуску торцевого биття різальних кромок;
- A₇ – підвищення якості обробки інших поверхонь;
- A₈ – підвищення стійкості інструменту;
- A₉ – підвищення стабільності властивостей матеріалу робочої частини
- A₁₀ – підвищення стабільності властивостей матеріалу хвостовика;
- A₁₁ – підвищення надійності інструменту;
- A₁₂ – підвищення точності інструменту;
- A₁₃ – підвищення зручності обслуговування інструмента;
- A₁₄ – підвищення продуктивності виробництва;
- A₁₅ – підвищення коефіцієнту використання матеріалу;
- A₁₆ – зниження собівартості заготовок;
- A₁₇ – зниження собівартості виробу;
- A₁₈ – зниження витрат на складний інструмент другого порядку;
- A₁₉ – зниження долі машинного часу;
- A₂₀ – скорочення робочої сили;
- A₂₁ – скорочення обладнання, яке використовується для виробництва інструменту;
- A₂₂ – корозійна стійкість;
- A₂₃ - співвісність отворів;

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

A₂₄ – надійність кріплення пластин;

A₂₅ – надійність кріплення на верстаті;

A₂₆ – підвищена продуктивність роботи інструменту;

A₂₇ – зменшення витрат на логістику;

A₂₈ – екологічність виготовлення;

A₂₉ – точність розташування кріпильних отворів;

A₃₀ – шорсткість кріпильних поверхонь твердосплавних пластин.

Отримані логічні умови розділимо на три категорії та зведемо у таблицю (табл. 3.3):

Таблиця 3.3 – Логічні умови

Логічні умови	Технологічні	Економічні	Експлуатаційні
A1			+
A2	+		
A3	+		
A4	+		
A5	+		
A6	+		
A7	+		
A8			+
A9	+		
A10	+		
A11			+
A12	+		
A13			+
A14		+	
A15		+	
A16		+	
A17		+	
A18		+	

Продовження таблиці 3.3

A19		+	
A20		+	
A21		+	
A22			+
A23	+		
A24			+
A25			+
A26			+
A27		+	
A28		+	
A29	+		
A30	+		

Заготівельні операції:

Аз 1 – Відрізка циліндру стрічковою пилою;

Аз 2 – Відрізка на токарному верстаті;

Аз 3 – Відрізка циліндру дисковою фрезою;

Аз 4 – Відрізка плазмовим різакон;

Аз 5 – Відрізка циліндру газовим різакон;

Операції механічної обробки:

Ам 1 – Центрування;

Ам 2 – Чорнове точіння контуру на верстаті з ЧПК;

Ам 3 – Чистове точіння контуру на верстаті ЧПК;

Ам 4 – Фрезерування лиски циліндричною фрезою;

Ам 5 – Фрезерування шпонкового пазу дисковою фрезою ;

Ам 6 – Фрезерування торця (різальної частини) кінцевою фрезою;

Ам 7 – Чорнове-чистове фрезерування стружкової канавки кінцевою фрезою;

Ам 8 – Свердління заглиблень під вихід фрези;

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ам 9 – Фрезерування пазів під твердосплавні змінні пластинки на верстаті з ЧПК кінцевою фрезою з кутом 7 градусів;

Ам 10 – Свердління отворів під гвинти та нарізання різей;

Ам 11 – Точіння канавки під вихід шліфувального круга;

Ам 12 – Шліфування хвостовика;

Ам 13 – Точіння контуру на універсальному токарному верстаті;

Ам 14 – Фрезерування торцю (різальної частини) фасонною циліндричною фрезою;

Ам 15 – Отримання стружкових канавок електро-ерозійним методом;

Ам 16 – Отримання пазів під твердосплавні змінні пластинки електро-ерозійним методом;

Ам 17 – Вишліфовування лиски;

Ам 18 – Фрезерування лиски торцевою фрезою;

Ам 19 – Фрезерування стружкових канавок дисковою фрезою

Ам 20 – Фрезерування стружкових канавок кінцевою фрезою

Ам 21 – Торцювання;

Ам 22 – Фрезерування лиски циліндриною фрезою з кутом;

Ам 23 – Отримання шпонкового пазу електро-ерозійним методом;

Ам 24 – Фрезерування стружкових канавок торцевою фрезою;

Ам 25 – Утворення лиски зовнішнім протягуванням;

Ам 26 – Фрезерування шпонкового пазу кінцевою фрезою ;

Ам 27 – Утворення торця (різальної частини) зовнішнім протягуванням;

Ам 28 – Фрезерування пазів під твердосплавні змінні пластинки на верстаті з ЧПК кінцевою фрезою;

Ам 29 – Шліфування шпонкового пазу;

Операції термічної обробки:

Ат 1 – Термообробка загартуванням (45-48 HRC);

Ат 2 – Двохступеневе загартування (45-48 HRC);

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ат 3 – Загартування та подальший відпуск (45-48 HRC);

Ат 4 – Загартування у печі (45-48 HRC);

Ат 5 – Електроіндуктивне загартування;

Фінішні операції:

Аф 1 – Нанесення декоративно-захисного покриття (хім. оксидування);

Аф 2 – Маркування лазером;

Аф 3 – Нанесення декоративно-захисного покриття (PVD) ;

Аф 4 – Маркування штампом;

Аф 5 – Маркування хімічним травленням;

Контрольні операції:

Ак – Контролювати поверхні пазів під твердосплавні пластини, приєднувальні поверхні, кріпильні поверхні;

Звідна таблиця операцій та технологічних процесів представлена нижче (табл. 3.4):

Таблиця 3.4 – Технологічні процеси виготовлення корпусу

Код операції	Технологічна операція	ТП №1	ТП №2	ТП №3	ТП №4	ТП №5
Аз 1	Відрізка циліндру стрічковою пилою	+	-	-	-	-
Аз 2	Відрізка на токарному верстаті	-	+	-	-	-
Аз 3	Відрізка циліндру дисковою фрезою	-	-	+	-	-
Аз 4	Відрізка плазмовим різак	-	-	-	+	-
Аз 5	Відрізка циліндру газовим різак	-	-	-	-	+
Ам 1	Центрування	+	-	+	+	+
Ам 2	Чорнове точіння контуру на верстаті з ЧПК	+	-	-	+	+
Ам 3	Чистове точіння контуру на верстаті ЧПК	+	-	-	+	+
Ам 4	Фрезерування лиски циліндричною фрезою	+	-	-	-	-
Ам 5	Фрезерування шпонкового пазу дисковою фрезою	+	+	-	-	-
Ам 6	Фрезерування торця (різальної частини) кінцевою фрезою	+	-	-	-	-

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.4

Ам 7	Чорнове-чистове фрезерування стружкової канавки кінцевою фрезою	+	-	-	-	-
Ам 8	Свердління заглиблень під вихід фрези	+	+	+	+	+
Ам 9	Фрезерування пазів під твердосплавні змінні пластинки на верстаті з ЧПК кінцевою фрезою з кутом 7 градусів	+	+	+	+	+
Ам 10	Свердління отворів під гвинти та нарізання різей	+	+	+	+	+
Ам 11	Точіння канавки під вихід шліфувального круга	+	+	+	+	+
Ам 12	Шліфування хвостовика	+	+	+	+	+
Ам 13	Точіння контуру на універсальному токарному верстаті	-	+	+	-	-
Ам 14	Фрезерування торцю (різальної частини) фасонною циліндричною фрезою	-	+	+	-	-
Ам 15	Отримання стружкових канавок електро-ерозійним методом	-	+	-	-	-
Ам 16	Отримання пазів під твердосплавні змінні пластинки електро-ерозійним методом	-	+	-	-	-
Ам 17	Вишліфовування лиски	-	+	-	-	-
Ам 18	Фрезерування лиски торцевою фрезою	-	-	+	-	-
Ам 19	Фрезерування стружкових канавок дисковою фрезою	-	-	+	-	-
Ам 20	Фрезерування стружкових канавок кінцевою фрезою	-	-	+	+	+
Ам 21	Торцювання	-	-	-	+	+
Ам 22	Фрезерування лиски циліндриною фрезою з кутом	-	-	-	+	-
Ам 23	Отримання шпонкового пазу електро-ерозійним методом	-	-	-	+	-
Ам 24	Фрезерування стружкових канавок торцевою фрезою	-	-	-	+	+

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.4

Ам 25	Утворення лиски зовнішнім протягуванням	-	-	-	-	+
Ам 26	Фрезерування шпонкового пазу кінцевою фрезою	-	-	-	-	+
Ам 27	Утворення торця (різальної частини) зовнішнім протягуванням	-	-	-	-	+
Ам 28	Фрезерування пазів під твердосплавні змінні пластинки на верстаті з ЧПК кінцевою фрезою	-	-	-	-	+
Ам 29	Шліфування шпонкового пазу	-	-	-	-	+
Ат 1	Термообробка загартуванням (45-48 HRC)	+	-	-	-	-
Ат 2	Двохступеневе загартування (45-48 HRC)	-	+	-	-	-
Ат 3	Загартування та подальший відпуск (45-48 HRC)	-	-	+	-	-
Ат 4	Загартування у печі (45-48 HRC)	-	-	-	+	-
Ат 5	Електроіндуктивне загартування	-	-	-	-	+
Аф 1	Нанесення декоративно-захисного покриття (хім. оксидування)	+	-	+	-	-
Аф 2	Маркування лазером	+	+	-	-	-
Аф 3	Нанесення декоративно-захисного покриття (PVD)	-	+	+	-	+
Аф 4	Маркування штампом	-	-	-	+	-
Аф 5	Маркування хімічним травленням;	-	-	-	-	+

Базові технологічні процеси зображені у таблицях приведених нижче (табл. 3.5-3.9):

Таблиця 3.5 – Технологічний процес на основі відрізання заготовки стрічковою пилою

Код операції	Базовий технологічний процес №1
Аз 1	Відрізка циліндру стрічковою пилою
Ам 1	Центрування

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ам 2	Чорнове точіння на ЧПК
Ам 3	Чистове точіння на ЧПК
Ам 4	Фрезерування лиски циліндричною фрезою
Ам 5	Фрезерування шпонкового пазу дисковою фрезою
Ам 6	Фрезерування торця (різ. частини) кінцевою фрезою
Ам 7	Чорнове-чистове фрезерування стружкової канавки кінцевою фрезою
Ам 8	Свердління заглиблень під вихід фрези
Ам 9	Фрезерування пазів під твердосплавні змінні пластинки на ЧПК кінцевою фрезою з кутом 7 град.
Ам 10	Свердління отворів під гвинти та нарізання різей
Ам 11	Точіння канавки під вихід шліфувального круга
Ат 1	Термообробка загартуванням (45-48 HRC)
Ам 12	Шліфування хвостовика
Аф 1	Нанесення декоративно-захисного покриття (хім. оксидування)
Аф 2	Маркування лазером

Таблиця 3.6 – Технологічний процес на основі відрізання заготовки на токарному верстаті

код операції	Базовий технологічний процес №2
Аз 2	Відрізка на токарному верстаті
Ам 13	Точіння на універсальному токарному верстаті
Ам 5	Фрезерування шпонкового пазу дисковою фрезою
Ам 14	Фрезерування торця (різальної частини) фасонною циліндричною фрезою
Ам 15	Отримання стружкових канавок електро-ерозійним методом

Ам 16	Отримання пазів під твердосплавні змінні пластинки електро-ерозійним методом
Ам 8	Свердління заглиблень під вихід фрези
Ам 9	Фрезерування пазів під твердосплавні змінні пластинки на ЧПК кінцевою фрезою з кутом 7 градусів
Ам 10	Свердління отворів під гвинти та нарізання різей
Ам 11	Точіння канавки під вихід шліфувального круга
Ат 2	Двохступеневе загартування (45-48 HRC)
Ам 12	Шліфування хвостовика
Ам 17	Вишліфовування лиски
Аф 3	Нанесення декоративно-захисного покриття (PVD)
Аф 2	Маркування лазером

Таблиця 3.7 – Технологічний процес на основі відрізання заготовки дисковою фрезою

Код операції	Базовий технологічний процес №3
Аз 3	Відрізка циліндру дисковою фрезою
Ам 1	Центрування
Ам 13	Точіння на універсальному токарному верстаті
Ам 18	Фрезерування лиски торцевою фрезою
Ам 19	Фрезерування стружкових канавок дисковою фрезою
Ам 20	Фрезерування стружкових канавок кінцевою фрезою
Ам 8	Свердління заглиблень під вихід фрези
Ам 9	Фрезерування пазів під твердосплавні змінні пластинки на ЧПК кінцевою фрезою з кутом 7 градусів
Ам 10	Свердління отворів під гвинти та нарізання різей

Ам 11	Точіння канавок під вихід шліфувального круга
Ат 3	Загартування та подальший відпуск (45-48 HRC)
Ам 12	Шліфування хвостовика
Ам 29	Вишліфовування шпонкового пазу
Аф 1	Нанесення декоративно-захисного покриття (хім. оксидування)
Аф 3	Маркування гравіруваннями

Таблиця 3.8 – Технологічний процес на основі відрізання заготовки
плазмовим різак

Код операції	Базовий технологічний процес №4
Аз 4	Відрізка плазмовим різак
Ам 21	Торцювання
Ам 1	Центрування
Ам 2	Підрізка торцю, свердління центрального отвору, чорнове точіння на верстаті з ЧПК
Ам 3	Чистове точіння на ЧПК
Ам 22	Фрезерування лиски циліндриною фрезою з кутом 2,5 градуси
Ам 23	Отримання шпонкового пазу електро-ерозійним методом
Ам 24	Фрезерування стружкових канавок торцевою фрезою
Ам 20	Фрезерування стружкових канавок кінцевою фрезою
Ам 8	Свердління заглиблень під вихід фрези
Ам 9	Фрезерування пазів під твердосплавні змінні пластинки на ЧПК кінцевою фрезою з кутом 7 градусів
Ам 10	Свердління отворів під гвинти та нарізання різей
Ам 11	Точіння канавок під вихід шліфувального круга
Аф 4	Маркування штампом

Ат 4	Загартування у печі (45-48 HRC)
Ам 12	Шліфування хвостовика

Таблиця 3.9 – Технологічний процес на основі відрізання заготовки газовим різачком

Код операції	Базовий технологічний процес №5
Аз 5	Відрізка циліндру газовим різачком
Ам 21	Торцювання
Ам 1	Центрування
Ам 2	Підрізка торцю, свердління центрального отвору, чорнове точіння на верстаті з ЧПК
Ам 3	Чистове точіння на ЧПК
Ам 25	Утворення лиски зовнішнім протягуванням
Ам 24	Фрезерування стружкових канавок торцевою фрезою
Ам 26	Фрезерування шпонкового пазу кінцевою фрезою
Ам 20	Фрезерування стружкових канавок кінцевою фрезою
Ам 27	Утворення торця (різальної частини) зовнішнім протягуванням
Ам 28	Фрезерування пазів під твердосплавні змінні пластинки на ЧПК на ЧПК кінцевою фрезою
Ам 8	Свердління заглиблень під вихід фрези
Ам 9	Фрезерування пазів під твердосплавні змінні пластинки на ЧПК кінцевою фрезою з кутом 7 градусів
Ам 10	Свердління отворів під гвинти та нарізання різей
Ам 11	Точіння канавки під вихід шліфувального круга
Ат 5	Електроіндуктивне загартування
Ам 12	Шліфування хвостовика

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.9

Ам 29	Шліфування шпонкового пазу
Аф 3	Нанесення декоративно-захисного покриття (PVD)
Аф 5	Маркування хімічним травленням

Створюємо звідну таблицю, у якій зазначаємо умови логічності та операції яким вони відповідають (табл. 3.10):

Таблиця 3.10 – Логічні умови операцій

Код операції	Технологічна операція	Умови логічності
Аз 1	Відрізка циліндру стрічковою пилою	A7, A15, A18, A28
Аз 2	Відрізка на токарному верстаті	A7, A15, A18, A28
Аз 3	Відрізка циліндру дисковою фрезою	A7, A15, A18, A28
Аз 4	Відрізка плазмовим різак	A16, A17
Аз 5	Відрізка циліндру газовим різак	A16, A17
Ам 1	Центрування	
Ам 2	Підрізка торцю, свердління центрального отвору, чорнове точіння на верстаті з ЧПК	A12, A14, A19, A20
Ам 3	Чистове точіння контуру на верстаті з ЧПК	A12, A14, A19, A20
Ам 4	Фрезерування лиски циліндричною фрезою	
Ам 5	Фрезерування шпонкового пазу дисковою фрезою	

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ам 6	Фрезерування торця (різальної частини) кінцевою фрезою	
Ам 7	Чорнове-чистове фрезерування стружкової канавки кінцевою фрезою	
Ам 8	Свердління заглиблень під вихід фрези	A24
Ам 9	Фрезерування пазів під твердосплавні змінні пластинки на верстаті ЧПК кінцевою фрезою з кутом 7 градусів	A19, A20, A24
Ам 10	Свердління отворів під гвинти та нарізання різей	A29
Ам 11	Точіння канавки під вихід шліфувального круга	
Ам 12	Шліфування хвостовика	A2, A3, A5, A10, A25
Ам 13	Точіння контуру на універсальному токарному верстаті	A19, A20
Ам 14	Фрезерування торця (різальної частини) фасонною циліндричною фрезою	
Ам 15	Отримання стружкових канавок електро-ерозійним методом	
Ам 16	Отримання пазів пазів під твердосплавні змінні пластинки електро-ерозійним методом	

Ам 17	Вишліфовування лиски	
Ам 18	Фрезерування лиски торцевою фрезою	
Ам 19	Фрезерування стружкових канавок дисковою фрезою	
Ам 20	Фрезерування стружкових канавок кінцевою фрезою	
Ам 21	Торцювання	
Ам 22	Фрезерування лиски циліндриною фрезою з кутом 2,5 градуси	
Ам 23	Отримання шпонкового пазу електро-ерозійним методом	
Ам 24	Фрезерування стружкових канавок торцевою фрезою	
Ам 25	Утворення лиски зовнішнім протягуванням	
Ам 26	Фрезерування шпонкового пазу кінцевою фрезою	
Ам 27	Утворення торця (різальної частини) зовнішнім протягуванням	
Ам 28	Фрезерування пазів під твердосплавні змінні пластинки на верстаті ЧПК кінцевою фрезою	A14, A19, A20
Ам 29	Шліфування шпонкового пазу	
Ат 1	Термообробка загартуванням (45-48 HRC)	A9, A10, A11, A26

Продовження таблиці 3.10

Ат 2	Двохступеневе загартування (45-48 HRC)	A9, A10, A11, A26
Ат 3	Загартування та подальший відпуск (45-48 HRC)	A9, A10, A11, A26
Ат 4	Загартування у печі (45-48 HRC)	A9, A10, A11, A26
Ат 5	Електроіндуктивне загартування	A9, A10, A11, A26
Аф 1	Декоративно-захисне покриття (хім. Оксидування)	A9, A10, A11, A22, A26
Аф 2	Маркування лазером	
Аф 3	Декоративно-захисне покриття (PVD)	A9, A10, A11, A22, A26
Аф 4	Маркування штампом	
Аф 5	Маркування хімічним травленням	

На основі таблиці представленої вище (табл.) розраховуємо потужність технологічних процесів за логічними умовами та зводимо дані у таблицю (3.11):

Таблиця 3.11 – Потужність технологічних процесів

Код операції	Технологічні					Експлуатаційні					Економічні				
	М1	М2	М3	М4	М5	М1	М2	М3	М4	М5	М1	М2	М3	М4	М5
Аз 1	1	-	-	-	-	0	-	-	-	-	3	-	-	-	-
Аз 2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-
Аз 3	-	-	1	-	-	-	-	0	-	-	-	-	3	-	-
Аз 4	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	2	-
Аз 5	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	2
Ам 1	0	-	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	0
Ам 2	1	-	-	1	1	0	-	-	0	0	3	-	-	3	3

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.11

Ам 3	1	-	-	1	1	0	-	-	0	0	3	-	-	3	3
Ам 4	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Ам 5	0	0	-	-	-	0	0	-	-	-	0	0	-	-	-
Ам 6	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Ам 7	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Ам 8	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Ам 9	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Ам 10	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ам 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ам 12	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Ам 13	-	0	0	-	-	-	0	0	-	-	-	2	2	-	-
Ам 14	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-
Ам 15	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-
Ам 16	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-
Ам 17	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-
Ам 18	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-
Ам 19	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-
Ам 20	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0	-	-	0	0	0
Ам 21	-	-	-	0	0	-	-	-	0	0	-	-	-	0	0
Ам 22	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-
Ам 23	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-
Ам 24	-	-	-	0	0	-	-	-	0	0	-	-	-	0	0
Ам 25	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
Ам 26	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
Ам 27	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
Ам 28	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	3
Ам 29	-	-	0	-	0	-	-	0	-	0	-	-	0	-	0
Ат 1	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	0	-	-	-	-
Ат 2	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	0	-	-	-
Ат 3	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	0	-	-
Ат 4	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	0	-
Ат 5	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	0

Продовження таблиці 3.11

Аф 1	2	-	2	-	-	3	-	3	-	-	0	-	0	-	-
Аф 2	0	0	-	-	-	0	0	-	-	-	0	0	-	-	-
Аф 3	-	2	2	-	2	-	3	3	-	3	-	0	0	-	0
Аф 4	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-
Аф 5	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0
ΣCij	12	12	12	9	11	8	8	11	5	8	11	7	7	10	13
ΣAij	16	15	15	16	20	16	15	15	16	20	16	15	15	16	20
Ni	1,33	1,25	1,25	1,78	1,82	2	1,88	1,36	3,2	2,5	1,45	2,14	2,14	1,6	1,54

Розраховуємо загальну потужність технологічних процесів та зводимо дані у таблицю (3.12):

Таблиця 3.12 – Загальна потужність технологічних процесів

Код операції	Технологічні процеси					
	M1	M2	M3	M4	M5	Мопт
Аз 1	4	-	-	-	-	4
Аз 2	-	4	-	-	-	-
Аз 3	-	-	4	-	-	-
Аз 4	-	-	-	4	-	-
Аз 5	-	-	-	-	2	-
Ам 1	0	-	0	0	0	-
Ам 2	4	-	-	4	4	4
Ам 3	4	-	-	4	4	4
Ам 4	0	-	-	-	-	0
Ам 5	0	0	-	-	-	0
Ам 6	0	-	-	-	-	0
Ам 7	0	-	-	-	-	0
Ам 8	1	1	1	1	1	1
Ам 9	3	3	3	3	3	3

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Продовження таблиці 3.12

Ам 10	1	1	1	1	1	1
Ам 11	0	0	0	0	0	0
Ам 12	5	5	5	5	5	5
Ам 13	-	2	2	-	-	-
Ам 14	-	0	-	-	-	-
Ам 15	-	0	-	-	-	-
Ам 16	-	0	-	-	-	-
Ам 17	-	0	-	-	-	-
Ам 18	-	-	0	-	-	-
Ам 19	-	-	0	-	-	-
Ам 20	-	-	0	0	0	-
Ам 21	-	-	-	0	0	-
Ам 22	-	-	-	0	-	-
Ам 23	-	-	-	0	-	-
Ам 24	-	-	-	0	0	-
Ам 25	-	-	-	-	0	-
Ам 26	-	-	-	-	0	-
Ам 27	-	-	-	-	0	-
Ам 28	-	-	-	-	3	-
Ам 29	-	-	0	-	0	-
Ат 1	4	-	-	-	-	4
Ат 2	-	4	-	-	-	-
Ат 3	-	-	4	-	-	-
Ат 4	-	-	-	4	-	-
Ат 5	-	-	-	-	4	-
Аф 1	5	-	5	-	-	5
Аф 2	0	0	-	-	-	0
Аф 3	-	5	5	-	5	-
Аф 4	-	-	-	0	-	-
Аф 5	-	-	-	-	0	-
ΣCij	31	25	30	24	32	31

ΣA_{ij}	16	15	15	16	20	15
N_i	1,90	1,70	2,00	1,50	1,60	2,10

Узагальнений граф зображений на рисунку нижче (рис. 3.3):

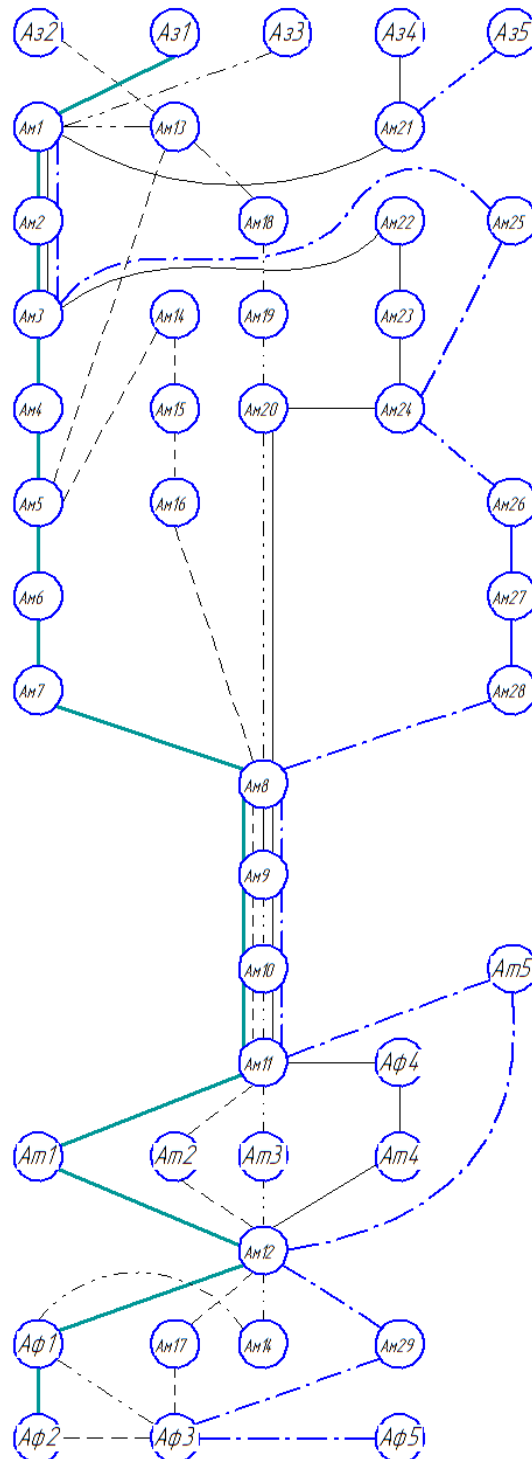


Рисунок 3.3 – Зображення узагальненого графа

Доцільно зобразити отримані результати у вигляді графіків потужності базових технологічних процесів за логічними умовами (рис. 3.4):

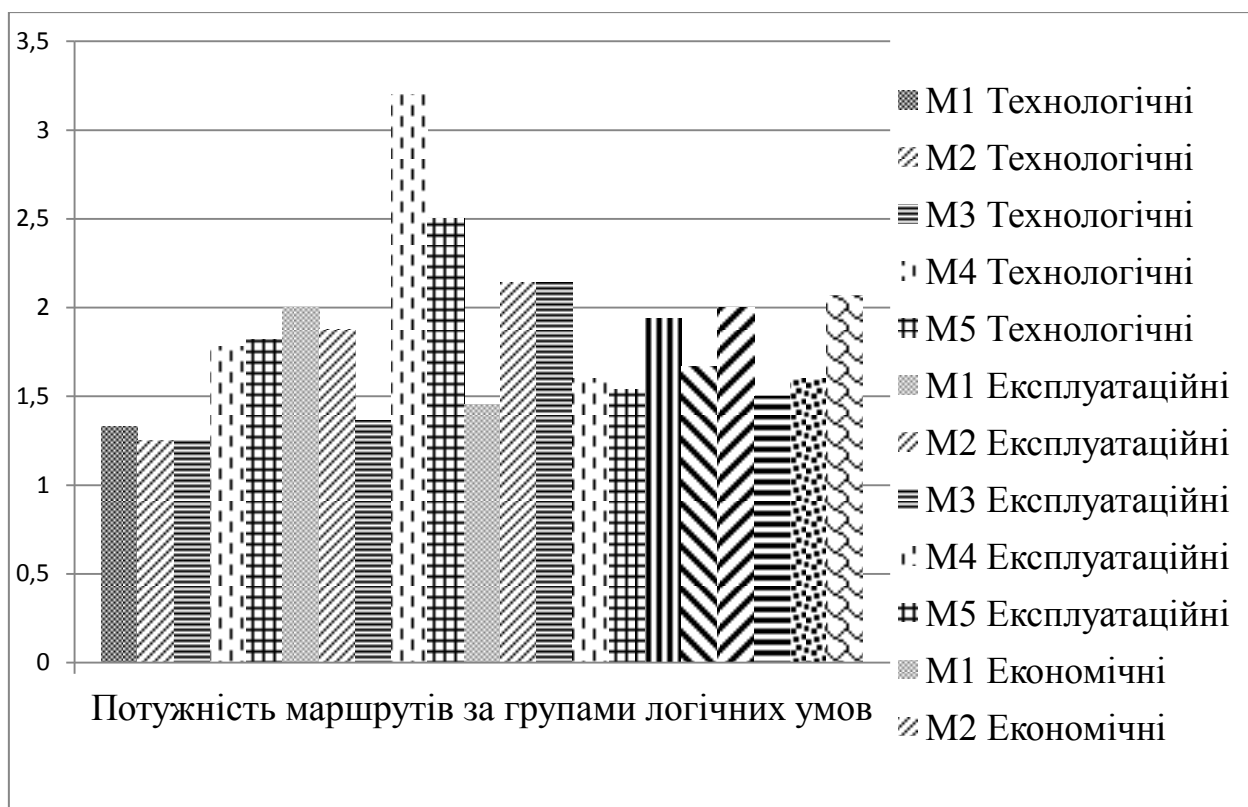


Рисунок 3.4 – Графік потужності базових технологічних маршрутів за логічними умовами

На основі отриманих даних, доцільно прийняти до використання оптимальний маршрут технологічного процесу з деякими змінами, а саме:

- Об'єднати операцію точіння канавки під вихід шліфувального круга із точінням по контуру – це дасть змогу скоротити кількість операцій, переналагоджувань устаткування та зменшити затрати робочої сили і машинного часу;
- Додати операцію свердління центрального отвору та сумістити її із точінням по контуру, для забезпечення кращого центрування заготовки, та запобіганню перекосу оброблюваної деталі в процес точіння;
- Змінити порядок фрезерування лиски та шпонкового пазу, щоб мати можливість базування відносно шпонкового пазу;

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Додати контрольну операцію в якій контролювати поверхні корпусу свердла (пази під пластини, хвостовика, різей, кріпильних та приєднувальних елементів);
- Додати операцію комплектування корпусу свердла комплектами змінних твердосплавних пластин, гвинтів та затискних ключів;
- Додати операцію пакування готового виробу;

Таким чином, остаточний технологічний процес виготовлення комбінованого свердла буде мати вигляд (табл. 3.13):

Таблиця 3.13 – Остаточний технологічний процес виготовлення корпусу

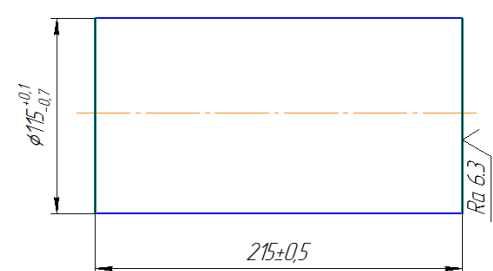
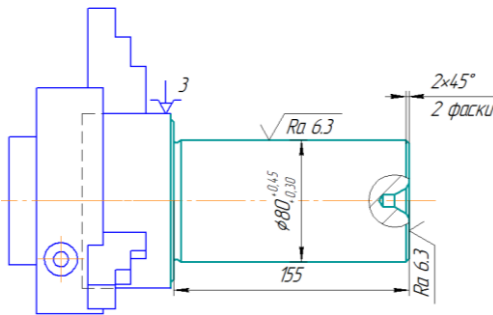
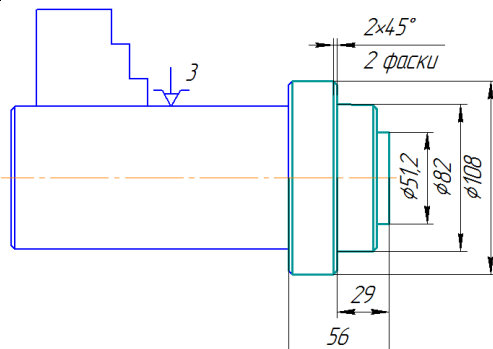
Аз 1	Відрізка циліндру стрічковою пилою
Ам 2	Підрізка торцю, чорнове точіння на верстаті з ЧПК, свердління центрального отвору
Ам 3	Чистове точіння на верстаті з ЧПК
Ам 5	Фрезерування шпонкового пазу дисковою фрезою
Ам 4	Фрезерування лиски циліндричною фрезою
Ам 6	Фрезерування торця (різальної частини) кінцевою фрезою
Ам 7	Чорнове-чистове фрезерування стружкової канавки кінцевою фрезою
Ам 8	Свердління заглиблень під вихід фрези
Ам 9	Фрезерування пазів під твердосплавні змінні пластинки на ЧПК кінцевою фрезою з кутом 7 град.
Ам 10	Свердління отворів під гвинти та нарізання різей
Ат 1	Термообробка загартуванням (45-48 HRC)
Ам 12	Шліфування хвостовика
Аф 1	Нанесення декоративно-захисного покриття (хім. оксидування)
Аф 2	Маркування лазером

Ак	Контролювати поверхні пазів під твердосплавні пластини, приєднувальні поверхні, кріпильні поверхні;
----	---

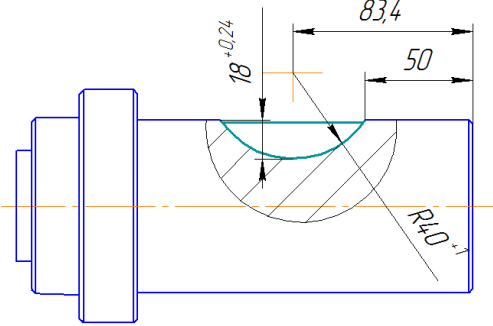
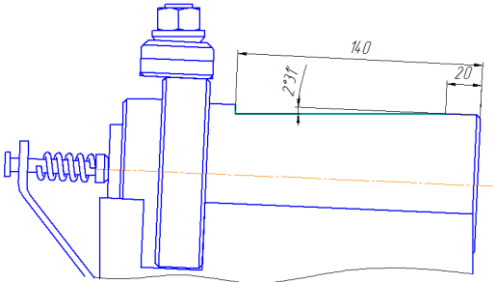
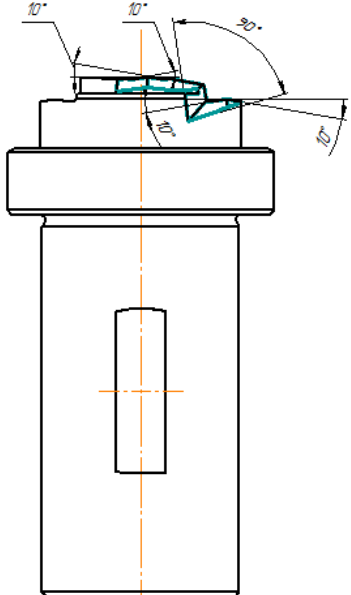
3.3 Маршрутно-операційна технологія виготовлення корпусу

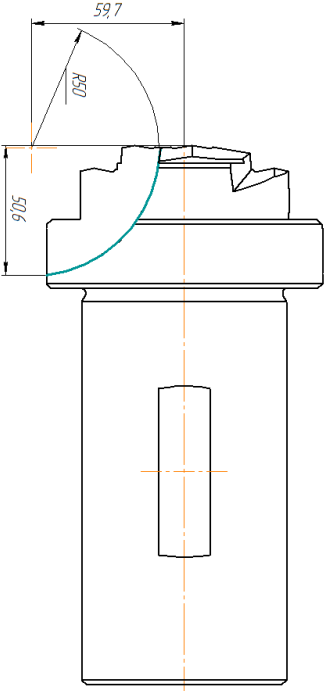
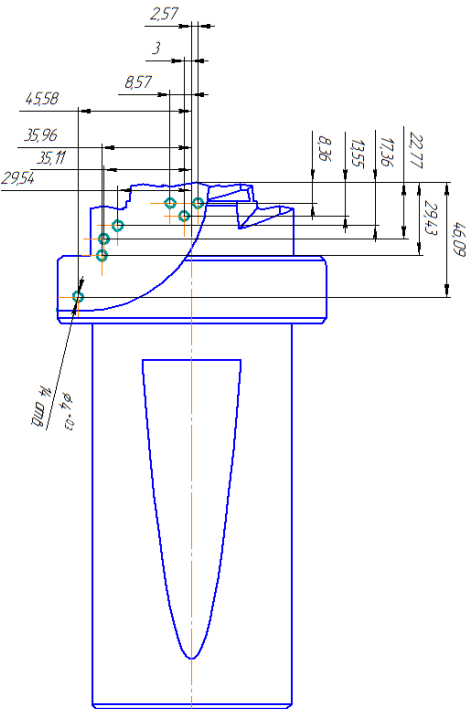
Маршрутно-операційна технологія виготовлення корпусу комбінованого свердла наведена в таблиці нижче (табл. 3.14):

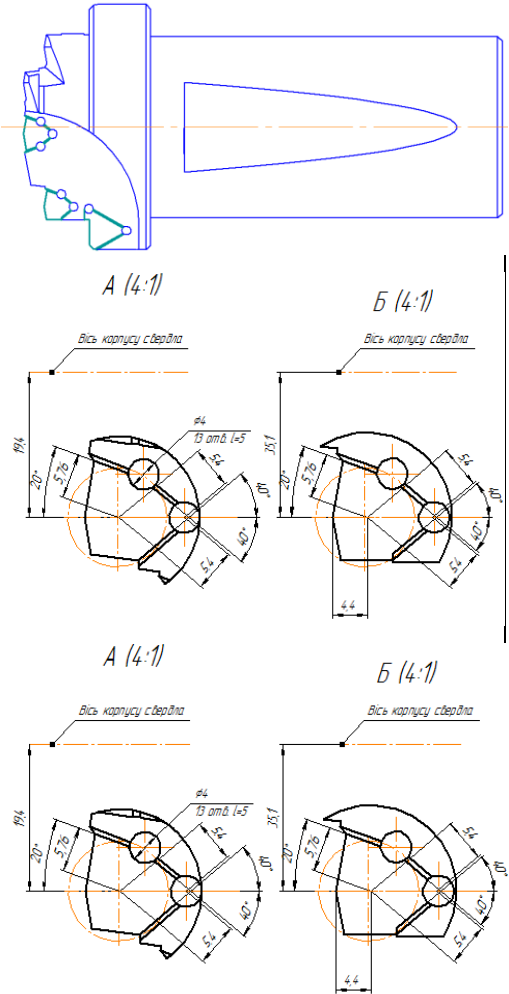
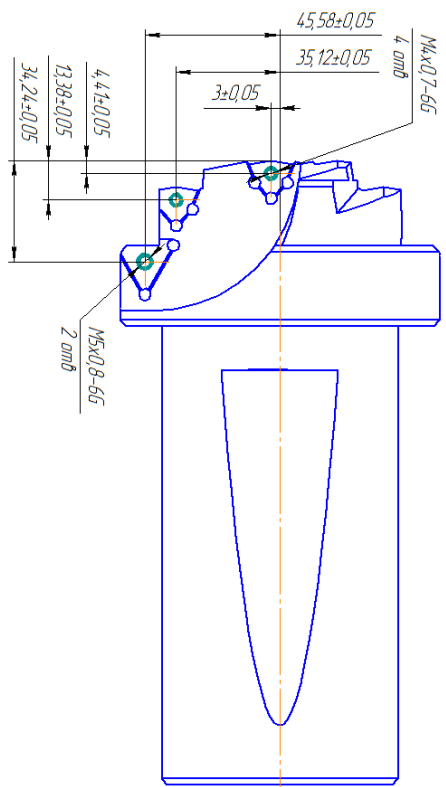
Таблиця 3.14 – Маршрутно-операційна технологія

№	Назва операції	Опис операції	Ескіз	Верстат
005	Відрізна	Відрізати заготовку Ø115 мм на довжину 215мм		Стрічковий верстат STILER BS 712 N
010	Токарна	Підрізати торець Ø115мм Точити поверхню Ø80мм на відстань 155мм Свердлити центрувальний отвір Ø8 мм із захисною фаскою		Токарно-револьверний верстат 1В340Ф30
015	Токарна	Підрізати торець Ø115мм Точити поверхню по контуру		Токарно-револьверний верстат 1В340Ф30

Продовження таблиці 3.14

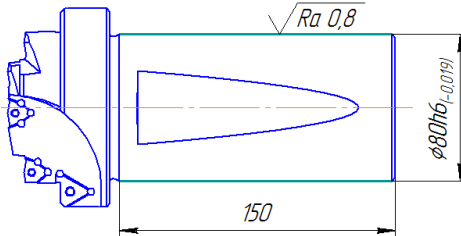
020	Фрезерна	Фрезерувати шпонковий паз під сегментну шпонку радіусом 40мм.		Фрезерний верстат 6М82
025	Фрезерна	Фрезерувати лиску на хвостовику		Координатно-розточний верстат 2Е450АФ30
030	Фрезерна	Фрезерувати площини під задні поверхні твердосплавних пластин		Координатно-розточний верстат 2Е450АФ30

035	Фрезерувальна	Фрезерувати стружкову канавку на глибину 54 мм.		Координатно-розточний верстат 2Е450АФ30
040	Свердлильна	Свердлити 14 отворів Ø4 мм під вихід фрези		Координатно-розточний верстат 2Е450АФ30

045	Фрезерна	<p>Фрезерувати пази під твердосплавні пластини. Фрези: кінцева конусна кут 7° \varnothing 4 мм; кінцева циліндрична \varnothing 8 мм.</p>	 <p>Координатно-розточний верстат 2E450AФ30</p>
050	Свердильна	<p>Свердлити отвори під кріпильні гвинти: 4 отворів \varnothing 3,3 мм. 2 отвори \varnothing 4.2 мм.</p> <p>Нарізати різь: М4х0,7 – 4 отвори М5х0,8 – 2 отвори</p>	 <p>Координатно-розточний верстат 2E450AФ30</p>

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Продовження таблиці 3.14

055	Термічна	Гартувати корпус та провести відпуск		Електропіч опору СНО-4.8.2,5 / 13-И2
060	Шліфувальна	Шліфувати хвостовик корпусу свердла в розмір Ø80h6		Безцентрово-шліфувальний верстат STC-18S/CNC
065	Нанесення декоративно-захисного покриття	Нанести декоративно-захисне покриття (оксид). Хімічним оксидуванням		Обладнання для нанесення декоративно-захисних покриттів.
070	Маркування	Маркувати готовий корпус	Ø86,5 H11/ Ø112 H14 BK8	Лазерно-гравірувальний верстат
080	Контрольна	Контролювати поверхні пазів під твердосплавні пластини, приєднувальні поверхні, кріпильні поверхні		

3.4 Розрахунок режимів різання

Операція 010 Токарна

Зміст переходу 1 – підрізати торець. (рис. 3.5)

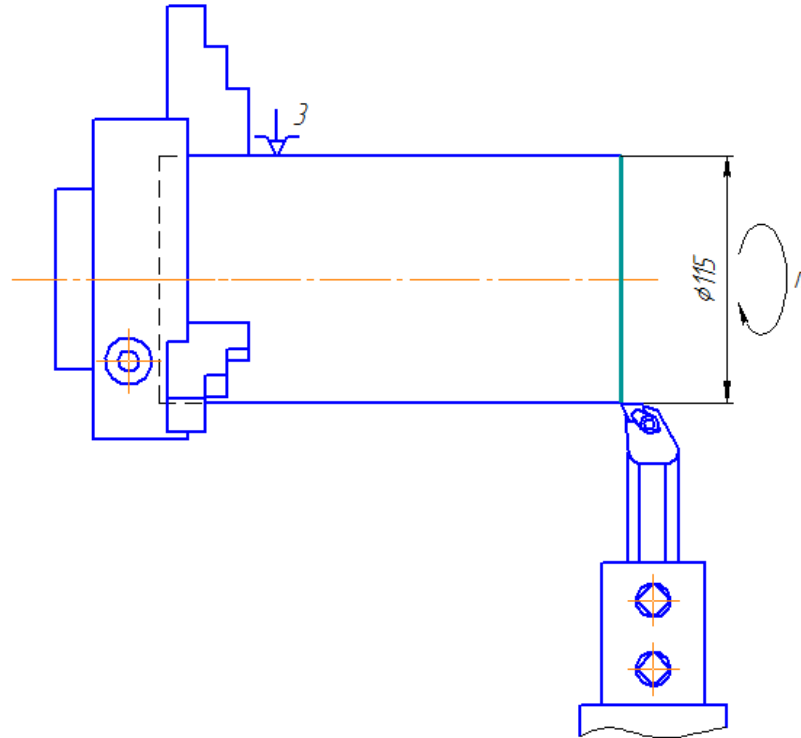


Рисунок 3.5 – Операція 010 перехід 1

Інструмент – різець токарний підрізний відігнутий ГОСТ 18880-73.

Верстат – Токарно-револьверний 1В340Ф30.

Інструмент для проведення вимірювань – штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-88.

Пристосування – самоцентруючийся 3-х кулачковий токарний патрон.

Захисне охолоджуюче технічне середовище - емульсол СП-3 ГОСТ 5702-75.

Визначаємо глибину різання для точіння: $t = 2$ мм,

Назначаємо подачу $S = 0,36$ мм/об.;

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T m_t^x \cdot S^y} \cdot K_v$$

де: $C_v = 340$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,20$;

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

T – середнє значення стійкості різального інструменту;

$$T = 60xv;$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{pv} \cdot K_{fv} \cdot K_{f1v} \cdot K_{rv};$$

де: K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки на швидкість різання;

$$K_{mv} = K_f \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,85 \left(\frac{750}{780} \right)^{0,9} = 0,82$$

K_{iv} - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання, $K_{iv} = 1$;

$$K_{pv}=0,8; K_{fv}=0,7; K_{f1v}=1,0; K_{rv}=1,0;$$

Тоді:

$$v = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,36^{0,45}} \cdot 0,82 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 98,25 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо число обертів за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 98,25}{\pi \cdot 115} = 271 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо 300 хв^{-1} згідно технічної характеристики верстату.

Визначаємо силу різання:

$$P = C_p \cdot t^x \cdot S^y$$

При обробці Сталі 40Х ГОСТ 1050-88, за умови обробки твердосплавними пластинами:

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

Таким чином, фактична сила різання буде становити:

$$P = 300 \cdot 2^1 \cdot 0,36^{0,75} = 278,9 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання:

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{278,9 \cdot 98,25}{1020 \cdot 60} = 0,44 \text{ кВт.}$$

Основний час:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i$$

де: L – довжина обробки;

S – подача;

n – частота обертання;

i = 1 – число робочих ходів (проходів);

$$T_o = \frac{115}{0,36 \cdot 300} \cdot 1 = 1,06 \text{ хв.}$$

Зміст переходу 2 – Точіння по контуру (рис. 3.6)

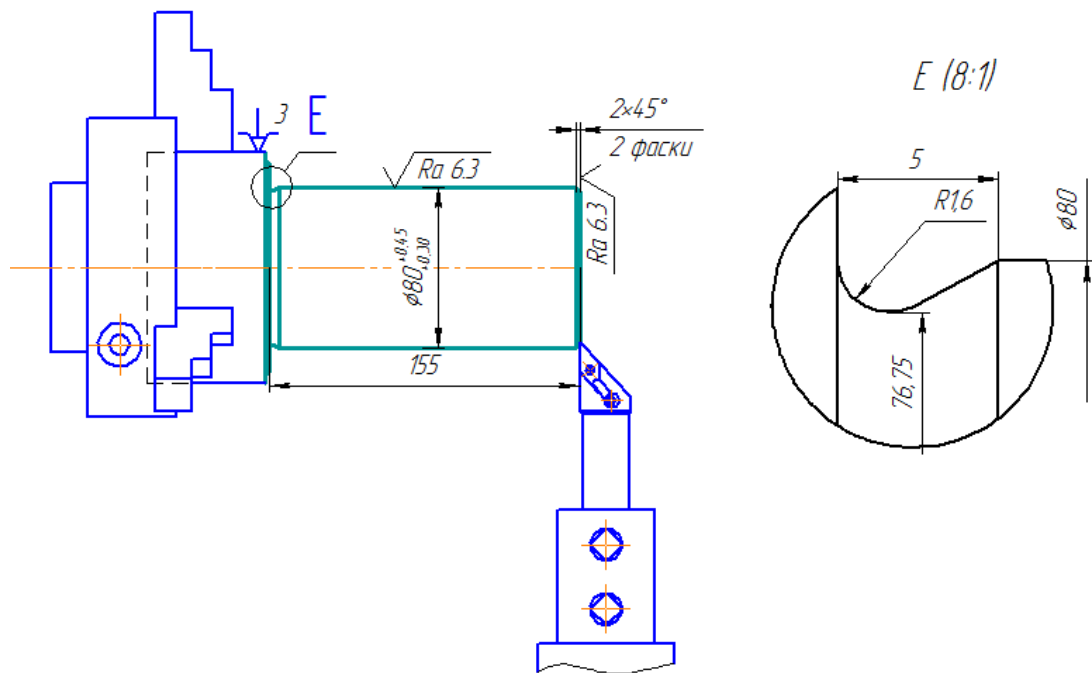


Рисунок 3.6 – Операція 010 перехід 2

Інструмент – різець токарний підрізний відігнутий ГОСТ 18880-73.

Верстат – Токарно-револьверний 1В340Ф30.

Інструмент для проведення вимірювань – штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-88.

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пристосування – самоцентруючийся 3-х кулачковий токарний патрон.
Захисне охолоджуюче технічне середовище - емульсол СП-3 ГОСТ 5702-75.

Визначаємо глибину різання для точіння: $t = 1,5$ мм,

Назначаємо подачу $S = 0,8$ мм/об.;

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T m_t^x \cdot S^y} \cdot K_v$$

де: $C_v = 340$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,20$;

T – середнє значення стійкості різального інструменту;

$T = 60$ хв;

$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{pv} \cdot K_{fv} \cdot K_{f1v} \cdot K_{rv}$;

де: K_{mv} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки на швидкість різання;

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,85 \left(\frac{750}{780} \right)^{0,9} = 0,82$$

K_{iv} - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання, $K_{iv} = 1$;

$K_{pv}=0,8$; $K_{fv}=0,7$; $K_{f1v}=1,0$; $K_{rv}=1,0$;

Тоді:

$$v = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 0,82 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 117 \text{ м / хв.}$$

Визначаємо число обертів за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 117}{\pi \cdot 115} = 324 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо 300 хв^{-1} згідно технічної характеристики верстату.

Визначаємо силу різання:

$$P = C_p \cdot t^x \cdot S^y$$

При обробці Сталі 40Х ГОСТ 1050-88, за умови обробки твердосплавними пластинами:

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75$$

Таким чином, фактична сила різання буде становити:

$$P = 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,8^{0,75} = 380,7H$$

Визначаємо потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{380,7 \cdot 117}{1020 \cdot 60} = 0,73кВт.$$

Основний час:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i$$

де: L – довжина обробки;

S – подача;

n – частота обертання;

i = 12 – число робочих ходів (проходів);

$$T_o = \frac{150}{0,8 \cdot 300} \cdot 12 = 7,5 \text{ хв.}$$

Зміст переходу 3 – Центрування отвору (рис. 3.7)

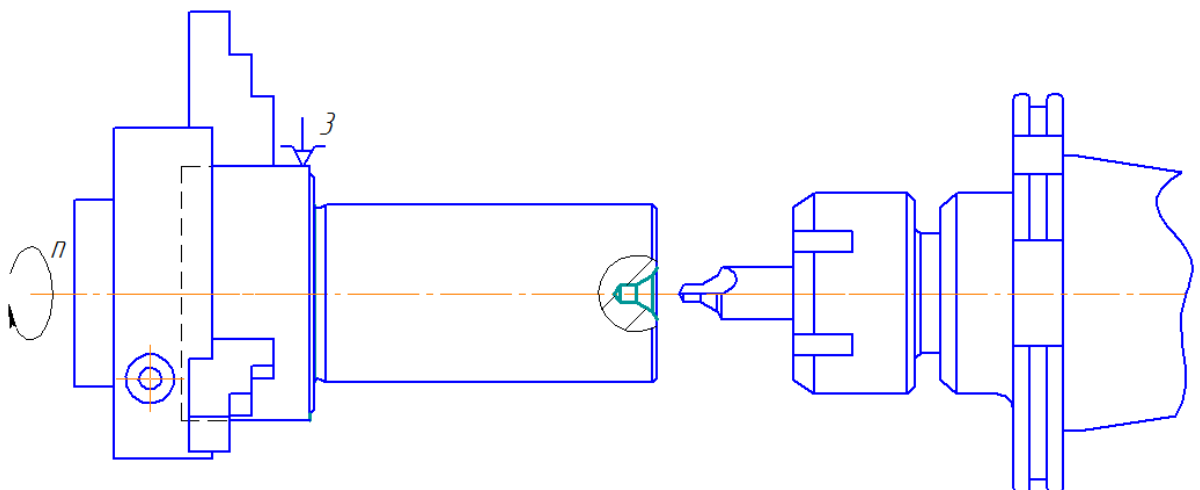


Рисунок 3.7 – Операція 010 перехід 3

Інструмент – Сверло центрувальне комбіноване ГОСТ 14952-75.

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Верстат – Токарно-револьверний 1В340Ф30.

Інструмент для проведення вимірювань – штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-88.

Пристосування – самоцентруючийся 3-х кулачковий токарний патрон.
Захисне охолоджуюче технічне середовище - емульсол СП-3 ГОСТ 5702-75.

Діаметр отвору $D = 8$ мм.

Глибина різання $t = \frac{D}{2} = \frac{8}{2} = 4$ мм;

Подача $S = 0,08$ мм;

Швидкість різання :

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v$$

де: $T = 75$ хв; $m=9,8$; $q=0,4$; $y=0,5$; $t=0,2$ - коефіцієнт та показники ступенів.

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{UV} \cdot K_{LV}$$

де K_{MV} - коефіцієнт, який враховує тип оброблюваного матеріалу;

K_{UV} - коефіцієнт, який враховує тип матеріалу ріжучої частини;

K_{LV} - коефіцієнт, який враховує глибину свердління.

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

де $K_{\Gamma} = 0,85$ - коефіцієнт, який характеризує групу сталі по оброблюваності;

$n_v = 0,9$ - показник степені.

Підставивши дані в формулу отримаємо:

$$K_{MV} = 0,85 \left(\frac{750}{780} \right)^{0,9} = 0,82$$

$$K_{UV} = 1; K_{LV} = 1.$$

Підставимо коефіцієнти до формули:

$$K_v = 0,82 \cdot 1 \cdot 1 = 0,82$$

Підставимо отримані значення в формулу:

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$v = \frac{9,8 \cdot 4^{0,4}}{75^{0,2} \cdot 0,08^{0,5}} \cdot 0,82 = 20,85 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 20,85}{\pi \cdot 8} = 829 \text{ хв}^{-1}$$

Складова сили різання — осьова сила:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

де $C_p=42$; $q=1.2$; $y=0,75$;

$$K_p = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{780}{750} \right)^{0,75} = 1,03,$$

де $n=0,75$

Тоді:

$$P_o = 10 \cdot 42 \cdot 8^{1,2} \cdot 0,08^{0,75} \cdot 1,03 = 394 \text{ Н}$$

Крутний момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8^{2,0} \cdot 0,08^{0,8} \cdot 1,03 = 3,01 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

де $C_M=0.0345$; $q=2.0$; $y=0,8$;

Потужність різання :

$$N_{\epsilon} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{3,01 \cdot 980}{9750} = 0,3 \text{ кВт}$$

Основний час:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i$$

де: L — довжина обробки;

S — подача;

n — частота обертання;

$i = 1$ — число робочих ходів (проходів);

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_o = \frac{20}{0,08 \cdot 980} \cdot 1 = 0,25 \text{ хв.}$$

Операція 025 Фрезерна

Зміст переходу – фрезерувати лиску (рис. 3.8)

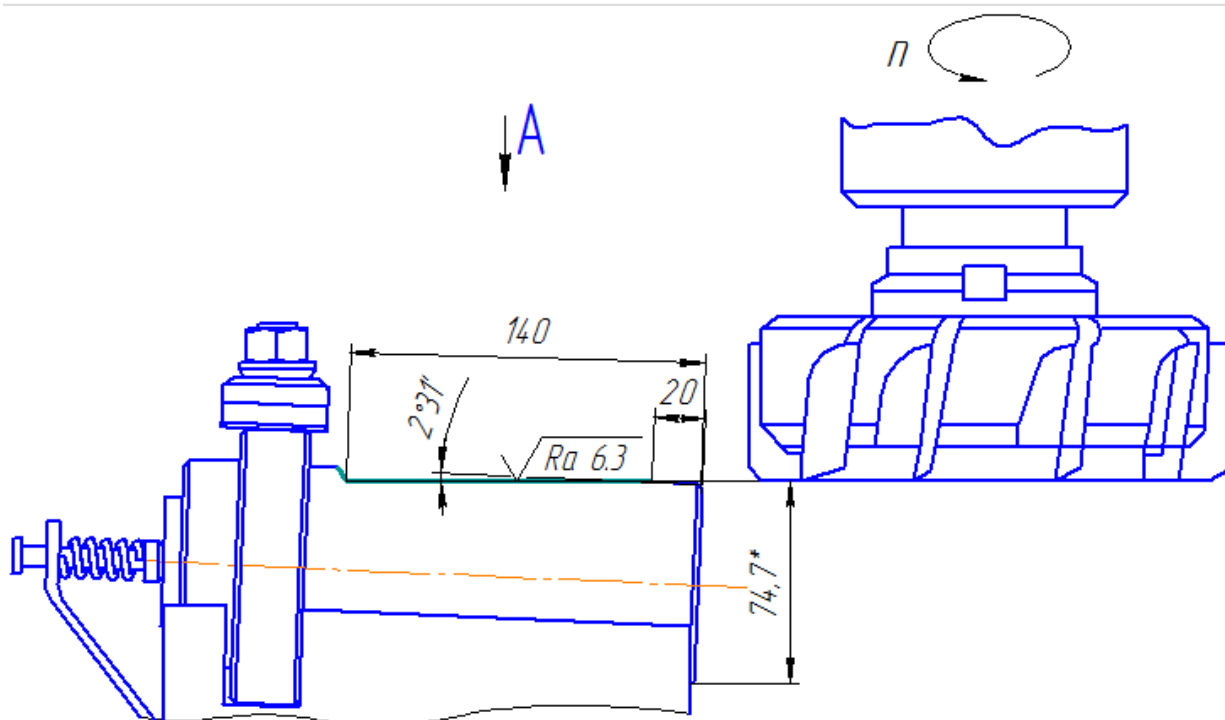


Рисунок 3.8 – Операція 025 фрезерування лиски

Інструмент – Фреза кінцева циліндрична Р6М5 Ø50 ГОСТ 17025-71.

Верстат – Координатно-розточний із числовим програмним керуванням моделі 2Е450АФ30.

Інструмент для проведення вимірювань – штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-88, кутомір із ноніусом ГОСТ 5378-88.

Пристосування – спеціальне двомісне пристосування для фрезерування лиски.

Захисне охолоджуюче технічне середовище - емульсол СП-3 ГОСТ 5702-75.

Глибина різання 5,25 мм.

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Подача : $S_z = 0,5 \text{ мм/об}$;

Розраховуємо величину швидкості різання

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S_z^y \cdot t^x \cdot z^p} K_v$$

$C_v = 35,4$; $m = 0.33$; $y = 0.4$; $x = 0.3$; $q = 0.45$; $u = 0.1$; $p = 0.1$;

T - період стійкості, $T = 80 \text{ хв}$;

K_v - поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання;

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{NV} \cdot K_{UV}$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

де $K_{\Gamma} = 0,85$ - коефіцієнт, який характеризує групу сталі по оброблюваності;

$n_v = 0,9$ - показник степені.

Підставивши дані в формулу отримаємо:

$$K_{MV} = 0,85 \left(\frac{750}{780} \right)^{0,9} = 0,82$$

K_{NV} - поправочний коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки; $K_{NV} = 1$

K_{UV} - поправочний коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента; $K_{UV} = 0,85$

$$K_v = 1 \cdot 0,85 \cdot 0,82 = 0,7$$

$$v = \frac{35,4 \cdot 160^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 0,5^{0,1} \cdot 5,25^{0,03} \cdot 160^{0,1}} = 50 \text{ м / хв.}$$

Розрахункове значення частоти обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v_n}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 160} = 100 \text{ хв}^{-1}$$

Корегуємо частоту обертання шпінеля $n_o = 100 \text{ хв}^{-1}$

Знаходимо дійсну швидкість різання

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 160 \cdot 100}{1000} = 50 \text{ м / хв.}$$

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сила різання:

$$P_o = 10 \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} = 10 \frac{68,2 \cdot 5,25^{0,86} \cdot 0,5^{0,1} \cdot 2^{0,75} \cdot 10}{160^{0,86} \cdot 100^0} \cdot 1,013 = 498H$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5,25^{0,86} \cdot 160^{0,1} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 4}{160^{0,86} \cdot 100^0} \cdot 1,013 = 713,16H$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{0,3} = \left(\frac{780}{750} \right)^{0,3} = 1,013$$

Де $C_p=68,2$, $x=0,86$, $y=0,75$, $u=1,0$, $q=0,86$, $w=0$;

Крутний момент

$$M_{кр} = \frac{P_o D}{2 \cdot 100} = \frac{498 \cdot 160}{2 \cdot 100} = 124,5H \cdot м.$$

$$M_z = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{713,16 \cdot 160}{2 \cdot 100} = 178,29H \cdot м.$$

Потужність, затрачувана на фрезерування

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{713,16 \cdot 50}{1020 \cdot 60} = 0,48кВт.$$

Основний час:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i \text{ хв.}$$

де: L – довжина обробки;

S – подача;

n – частота обертання;

$i = 1$ – число робочих ходів (проходів);

$$T_o = \frac{120}{0,5 \cdot 100} \cdot 1 = 2,4 \text{ хв.}$$

Вибір режимів різання на решту операцій технологічного процесу проведемо табличним методом.

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ФРЕЗЕРУВАННЯ ЛИСКИ

4.1 Розробка верстатного пристосування для фрезерної операції

Для проведення операції фрезерування лиски було прийняте рішення спроектувати двомісне пристосування (рис. 4.1) із прижимом заготовок за допомогою коромисла, рушійна сила якого – пневмоциліндр.

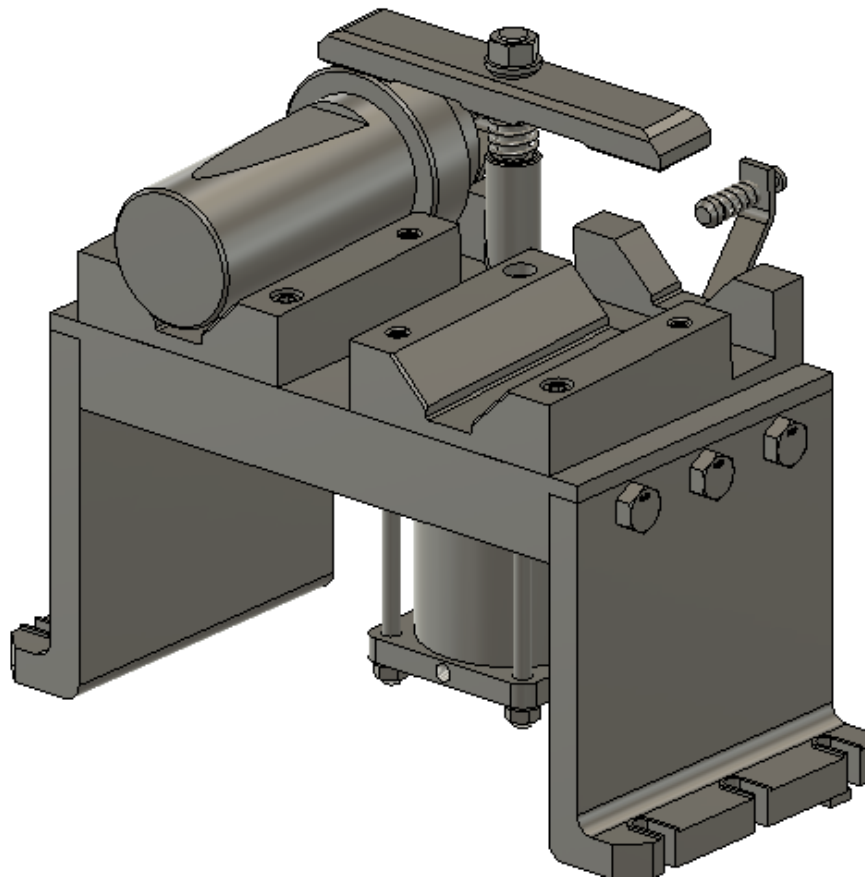


Рисунок 4.1 – Зображення фрезерного пристосування виконане у САПР програмі Fusion 360

Основою пристосування є стіл (рис. 4.2), на якому змонтовано дві розрізних призми із кутом в 90° (рис. 4.3) для базування та закріплення заготовок. Закріплення стола на верстаті відбувається за допомогою опор, що кріпляться гвинтами до стола, в свою чергу опори мають направляючі

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отвори, крізь які закріплюють сухарі, що базують пристосування по т-подібним пазам верстатного стола.

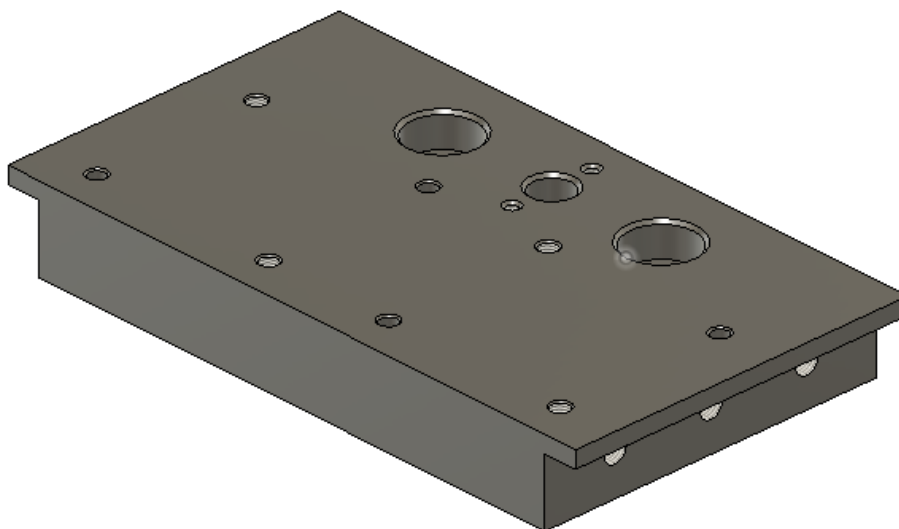


Рисунок 4.2 – Зображення столу пристосування виконане у САПР програмі Fusion 360

Стіл верстатного пристосування має ряд отворів, частина яких має метричну різь. Із кожного боку стіл оснащений отворами із різьбою M16x2 для кріплення через болти опор пристосування. На верхній площині столу наявні отвори під штифти та різьбові отвори для встановлення та фіксації призм (рис. XX). Отвір, що перетинає вісь симетрії столу слугує направляючою для штока пневмоциліндра.

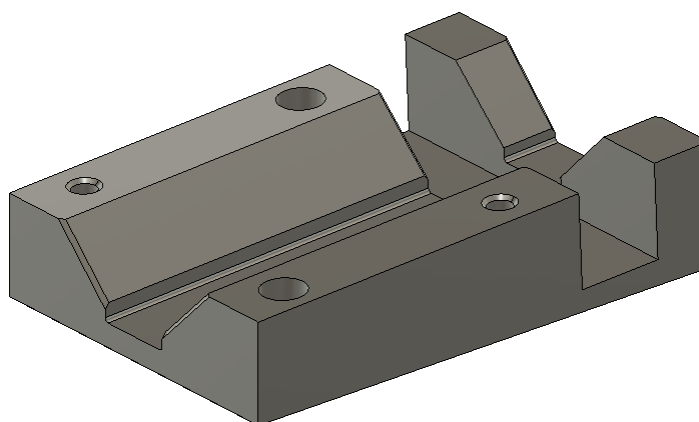


Рисунок 4.3 – Зображення розрізної призми виконане у САПР програмі Fusion 360

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За основу конструкції призми було взято стандартну призму, розміри якої було модифіковано під діаметри заготовки, призма має виріз у який поміщається та притискається за допомогою прижимів (рис. 4.4) більша ступінь заготовки. Для закріплення кожної із призм наявні по дві пари отворів для штифтів та гвинтів, які розміщені по діагоналі.

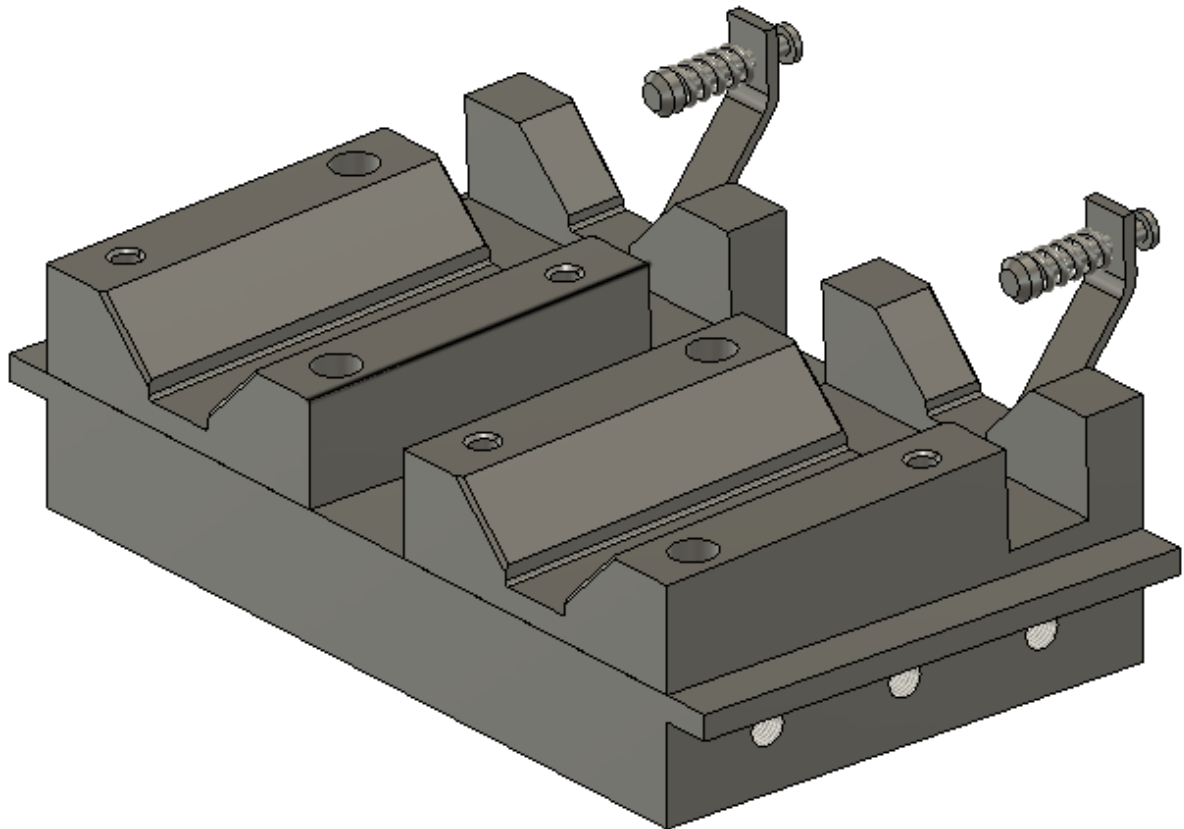


Рисунок 4.4 – Зображення столу пристосування із призмами та прижимами

Затиск заготовок в пристосуванні реалізовано за допомогою коромисла (рис. 4.5), що закріплюється на штоці пневмоциліндра та має можливість нахилу за рахунок використання сферичної шайби, це дає змогу вибрати зазор між поверхнями коромисла та заготовки по яких відбувається контакт. Даний зазор виникає внаслідок розбігу розмірів, в межах допуску, заготовок після попередніх операцій механічної обробки.

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

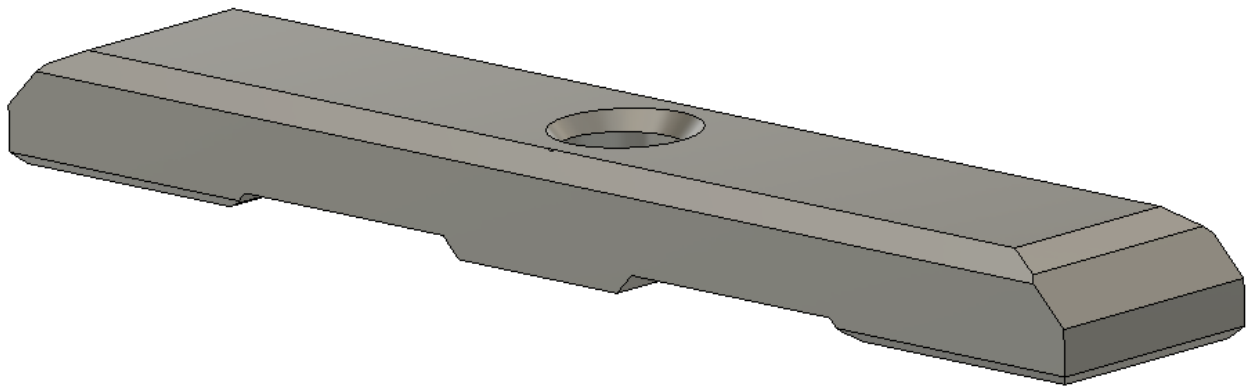


Рисунок 4.5 – Зображення коромисла виконане у САПР програмі Fusion 360

В пристосуванні реалізовано поворот коромисла на 90° за рахунок використання руху циліндричного пальця по гвинтовому пазу на кожусі (рис. 4.6), що закриває шток.

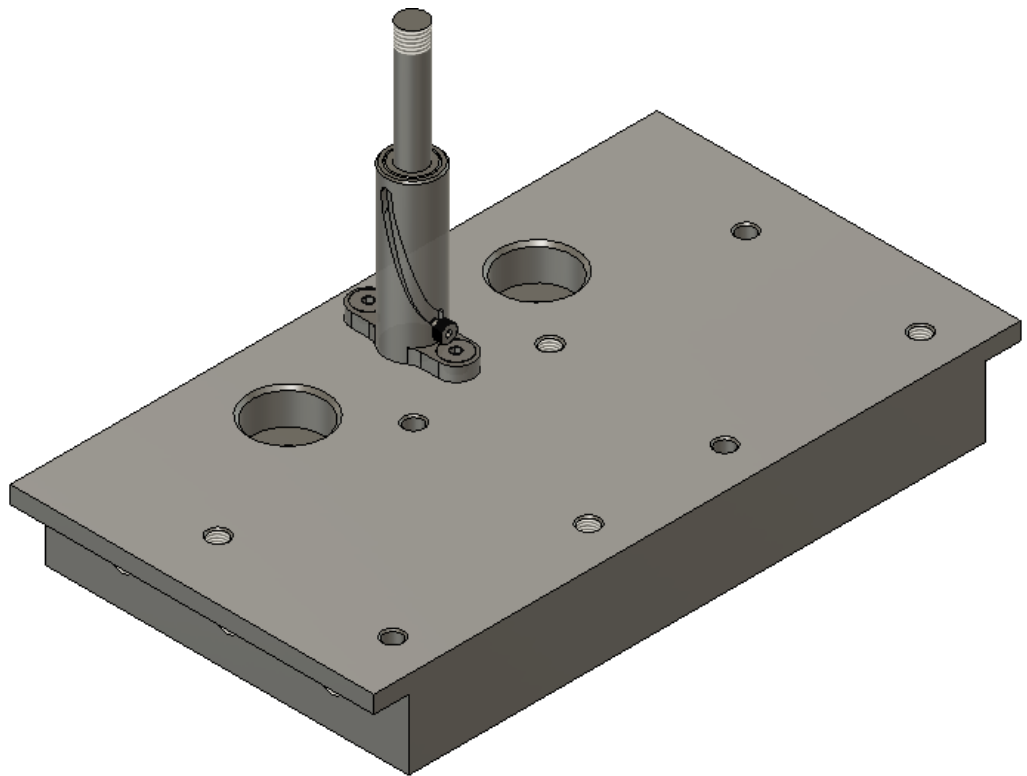


Рисунок 4.6 – Зображення кожуха встановленого на столі пристосування виконане у САПР програмі Fusion 360

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основою верстатного пристосування є пневмоциліндр (рис. 4.7) двосторонньої дії, який рухає шток із коромислом крізь отвір у столі, та розвиває силу затиску.

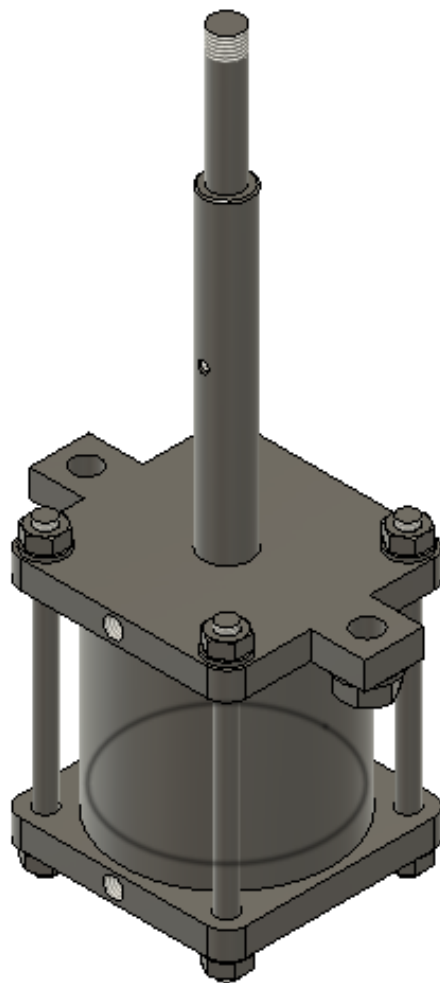


Рисунок 4.7 – Зображення пневмоциліндра в зборі виконане у САПР програмі Fusion 360

Сам пневмоциліндр має отвори із метричною різьбою для під'єднання магістралей для подачі робочого середовища у порожнини пневмоциліндра. Робочим середовищем в даному випадку являється повітря із пневмосистеми, робочий тиск якого = 0,4 МПа.

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Розрахунок похибки базування у призмі

Фрезерування лиски відбувається в пристосуванні у призмі з кутом 90° . Оскільки діаметр заготовки може змінюватись у межах міжопераційного допуску, то відповідно буде змінюватися і положення лиски відносно базових поверхонь деталі, тому варто виконати розрахунок похибок базування заготовки в пристосуванні. Розрахунок виконаний за методикою наведеною у літературі [13] розрахункова схема наведена на (рис.4.8).

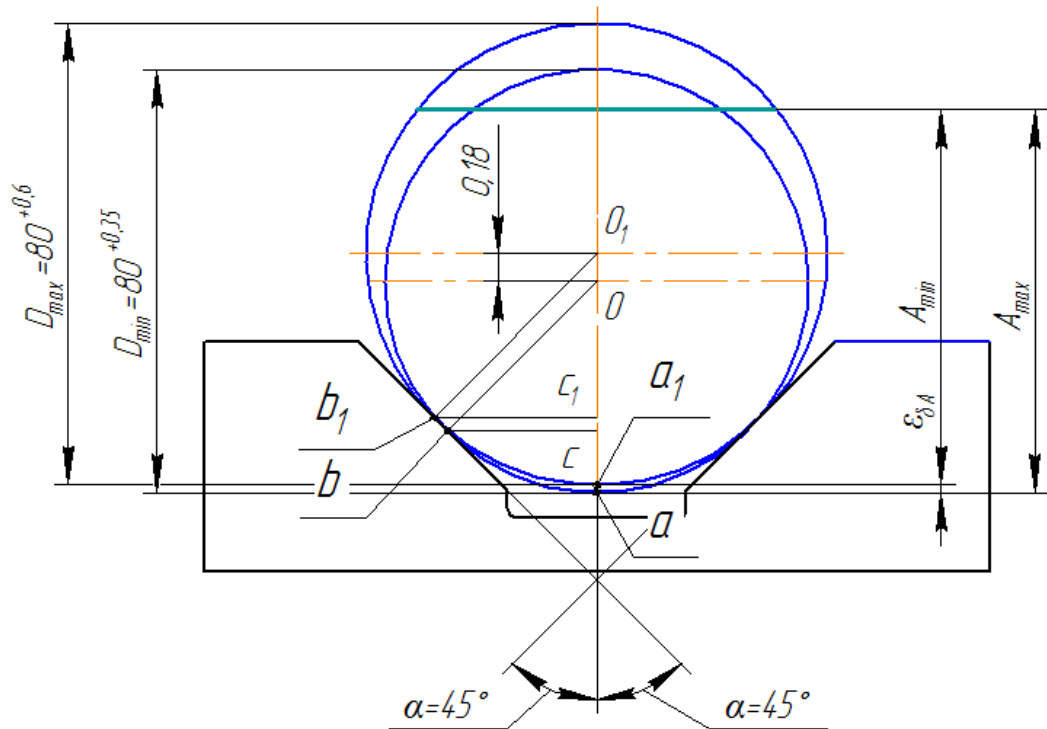


Рисунок 4.8 – Розрахункова схема для визначення похибки базування у призмі

У випадку встановлення та закріплення заготовок у призмах виникає похибка базування за рахунок зміни положення вимірювальної бази

$$\varepsilon_{\delta A} = \alpha \alpha_1$$

Таким чином, потрібно розрахувати відстань $\alpha \alpha_1$, для цього використаємо формули наведені нижче:

$$\alpha \alpha_1 = \alpha O_1 - \alpha_1 O_1 = \alpha O_1 - R_{\max}$$

$$\alpha O_1 = O O_1 + R_{\min}$$

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відстань OO_1 – відстань між центрами заготовок максимального та мінімального діаметрів, знайдемо із схеми установки заготівки у призмі.

$$OO_1 = 0,18 \text{ мм.}$$

Розмір R_{\min} - мінімальний розмір заготівки після обробки точінням із врахуванням припуску на наступні операції;

$$R_{\min} = \frac{D_{\min}}{2} = \frac{80^{+0,35}}{2} = \frac{80,35}{2} = 40,1750 \text{ мм}$$

Розмір R_{\max} - максимальний розмір заготівки після обробки точінням із врахуванням припуску на наступні операції;

$$R_{\max} = \frac{D_{\max}}{2} = \frac{80^{+0,6}}{2} = \frac{80,6}{2} = 40,3 \text{ мм}$$

Тоді:

$$\alpha O_1 = 0,18 + 40,1750 = 40,355 \text{ мм}$$

$$\alpha \alpha_1 = 40,355 - 40,3 = 0,055 \text{ мм}$$

Допуск на діаметр заготівки знайдемо із наступного виразу:

$$IT_D = D_{\max} - D_{\min} = 2 \cdot (R_{\max} - R_{\min})$$

$$IT_D = 2 \cdot (40,3 - 40,1750) = 0,25 \text{ мм}$$

Тоді виконаємо підстановку виразів:

$$\alpha \alpha_1 = OO_1 + R_{\min} - R_{\max} = OO_1 - (R_{\max} - R_{\min}) = OO_1 - \frac{IT_D}{2}$$

Далі знаходимо відстань між центрами окружностей O та O_1 із прямокутних трикутників cbO та cb_1O_1 :

$$OO_1 = cO_1 - cO = \frac{R_{\max}}{\sin \alpha} - \frac{R_{\min}}{\sin \alpha} = \frac{IT_D}{2 \cdot \sin \alpha}$$

Наступний крок – підстановка OO_1 у вираз $\alpha \alpha_1$:

$$\alpha \alpha_1 = \frac{IT_D}{2 \sin \alpha} - \frac{IT_D}{2} = \frac{IT_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$$

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставивши чисельні значення отримаємо:

$$\varepsilon_{\delta A} = \frac{0,25}{2} \left(\frac{1}{\sin 45^\circ} - 1 \right) = 0,0517 \text{ мм}$$

Також похибка базування може відрізнятись в залежності від способу задання розміру глибини фрезерування (рис. 4.9):

А) При заданні розміру у випадку А:

$$\varepsilon_{\delta A} = \frac{IT_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$$

$$\varepsilon_{\delta A} = \frac{0,25}{2} \left(\frac{1}{\sin 45^\circ} - 1 \right) = 0,0517 \text{ мм}$$

Б) При заданні розміру у випадку В:

$$\varepsilon_{\delta B} = \frac{IT_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$$

$$\varepsilon_{\delta B} = \frac{0,25}{2} \left(\frac{1}{\sin 45^\circ} + 1 \right) = 0,30 \text{ мм}$$

В) При заданні розміру у випадку С:

$$\varepsilon_{\delta C} = \frac{0,25}{2} \left(\frac{1}{\sin 45^\circ} \right) = 0,176 \text{ мм}$$

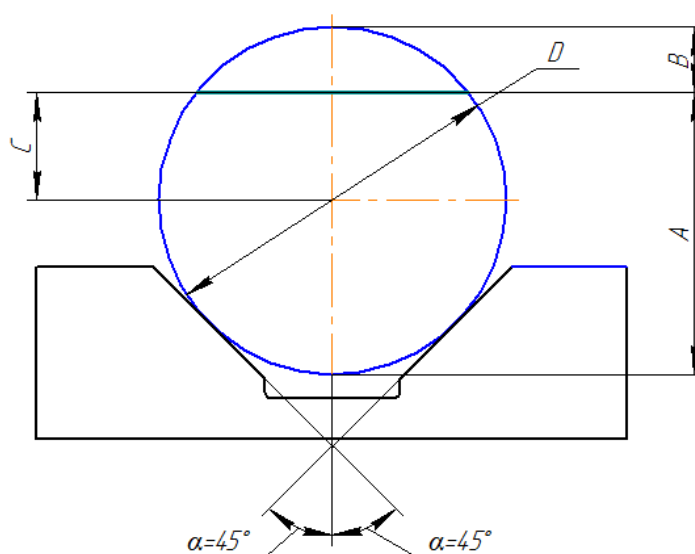


Рисунок 4.9 – Способи задання розміру фрезерованої лиски

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, на основі отриманих даних, робимо висновок, що найменша похибка базування буде у випадку «А».

$$\varepsilon_{\delta A} < \varepsilon_{\delta C} < \varepsilon_{\delta B}$$

$$0,0517 < 0,176 < 0,30$$

4.3 Розрахунок сил затиску у пристосуванні

Для того, щоб міцно закріпити заготовку у пристосуванні потрібно розрахувати силу затиску. Так як у пристосуванні використовується поршневий пневмоциліндр за ГОСТ 15608-81 (рис. 4.10) – методика розрахунку сил затиску буде наступна:

Маємо пневмоциліндр двосторонньої дії, який працює у тягнучому режимі, тобто повітря із пневмосистеми у камеру подається зі сторони штока. Попередньо приймаємо діаметр поршня $D = 100\text{мм}$.

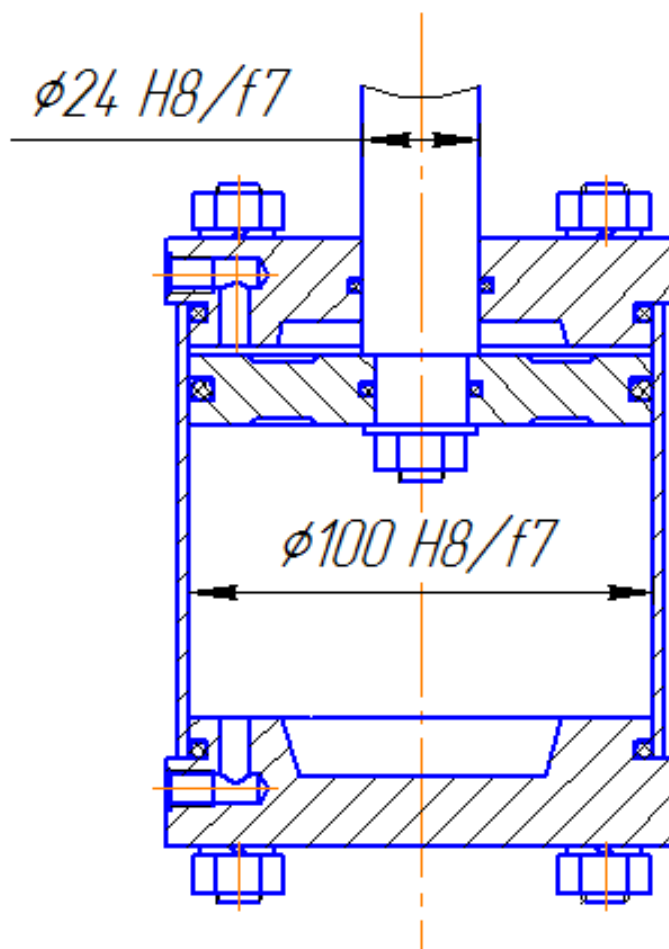


Рисунок 4.10 – Розрахункова схема пневмоциліндра

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді зусилля затиску визначається із виразу:

$$F = P \cdot \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

- P – тиск повітря в пневмосистемі, $P = 0,4$ МПа (400000 Н/м^2);
- D – діаметр поршня, $D = 100$ мм;
- d – діаметр штока, $d = 24$ мм;

$$F = 400000 \cdot \frac{\pi(0,1^2 - 0,024^2)}{4} = 2960,63 \text{ Н}$$

Отримане значення потрібно порівняти із силами різання, які виникають при фрезеруванні заготовки у пристосуванні, при цьому має виконуватись умова:

$$F \geq P_{\text{різання}}$$

З попередніх розрахунків маємо, що сила різання при фрезеруванні лиски буде становити:

$$P_{\text{різання}} = 713,16 \text{ Н}$$

Тоді :

$$2960,63 \text{ Н} > 713,16 \text{ Н}$$

Отже можна зробити висновок, що сила затиску достатня за умови одночасного фрезерування двох заготовок. При цьому коефіцієнт запасу по силі затиску можна знайти за виразом:

$$K_{\text{запасу}} = \frac{F}{P_{\text{різання}} \cdot 2}$$

$$K_{\text{запасу}} = \frac{2960,63}{713,16 \cdot 2} = 2,075$$

В результаті виконання дипломного проекту було виконано:

- аналіз конструкцій інструментів для обробки ступінчастих отворів;
- розроблено конструкцію ступінчастого свердла;

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- обрана схема розподілу припуску між ступенями;
- визначена похибка базування пластин у пазах;
- розроблена маршрутно-операційна технологія виготовлення корпусу;
- спроектовано верстатне пристосування для фрезерування лиски, для якого були проведені розрахунки похибки базування та сил затиску.

Кінцевий результатом роботи є нова конструкція комбінованого свердла для обробки ступінчастих отворів заданого розміру Ø86,5H11/Ø112H14 із усіма супутніми розрахункам.

Економічний ефект від застосування нової конструкції [16]:

Річна програма випуску деталей: $N = 250$ шт.

S_B – вартість одного покупного базового інструменту; $S_B = 2975$ грн.;

S_H – витрати на проектування і виготовлення одного нового інструменту з комплектом різальних елементів; $S_H = 2445$ грн.;

T_B – гарантований строк служби базового інструменту; $T_B = 180$ хв.;

T_H – гарантований строк служби нового інструменту; $T_H = 540$ хв.;

V_B – швидкість різання базового інструменту; $V_B = 160$ м/хв.;

V_H – швидкість різання нового інструменту; $V_H = 250$ м/хв.;

T_{OB} – машинний час обробки одного отвору базовим інструментом;

$$T_{OB} = \frac{L}{S \cdot n} \cdot 1 = \frac{30}{0,22 \cdot 600} = 0,22 \text{ хв.}$$

T_{OH} – машинний час обробки одного отвору новим інструментом інструментом;

$$T_{OH} = \frac{L}{S \cdot n} \cdot 1 = \frac{30}{0,28 \cdot 920} = 0,11 \text{ хв.}$$

$T_{шт.Б}$ – норма часу на обробку отвору базовим інструментом; $T_{шт.Б} = 0,33$ хв.;

$T_{шт.Н}$ – норма часу на обробку отвору новим інструментом; $T_{шт.Н} = 0,16$ хв.;

Вартість обробки одної деталі:

- Для базового інструменту:

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{1Б} = \frac{S_Б \cdot T_{0Б}}{T_Б} + ZT_{шт.Б} \cdot k \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right)$$

Де:

- Z – хвилинна ставка верстатників, для спрощення розрахунку приймаємо 1 грн/хв.;
- H – цехові накладні витрати, приймаємо 500%;
- k – кількість отворів на деталі; k = 36 шт.

$$C_{1Б} = \frac{2975 \cdot 0,22}{180} + 1 \cdot 0,33 \cdot 36 \left(1 + \frac{500}{100}\right) = 3,63 + 71,28 = 74,91 \text{ грн}$$

- Для нового інструменту:

$$C_{1Н} = \frac{S_Н \cdot T_{0Н}}{T_Н} + ZT_{шт.Н} \cdot k \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right)$$

Підставивши значення отримаємо:

$$C_{1Н} = \frac{2445 \cdot 0,11}{540} + 1 \cdot 0,16 \cdot 36 \left(1 + \frac{500}{100}\right) = 0,49 + 34,56 = 35,05 \text{ грн}$$

Отже, річний економічний ефект буде визначатись наступним виразом:

$$\mathcal{E} = (C_{1Б} - C_{1Н}) \cdot N = (74,91 - 35,05) \cdot 250 = 9965 \text{ грн}$$

Таким чином, з розрахунків наведених вище, можна зробити висновок, що впровадження інструменту нової конструкції дасть значний економічний ефект.

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ІНТЕРНЕТ РЕСУРСІВ

1. Каталог фірми Walter, Електронний ресурс. Доступ - https://www.walter-tools.com/en_gb/tools/special_products/walter-xpress/pages/default.aspx
2. Каталог фірми Walter. Електронний ресурс. Доступ - https://www.walter-tools.com/en-gb/tools/standard_products/holemaking/overview/drilling/xtratec-d4580/pages/default.aspx
3. Каталог фірми Sandvik Coromant, Електронний ресурс. Доступ - <http://lab2u.ru/sbornye-sverla-sandvik-coromant-corodrill-880-s-mekhanicheskimi-krepleniami-smennymi-rezhushchikh-plastin-spetsialnye-konstrukcii-sverlilnogo-instrumenta-s-srp-sve-katalog-sandvik-coromant-2015-spetsialnyi-instrument-str-0113-lab2u.html>
4. Каталог фірми Seco. Електронний ресурс. Доступ - https://www.secotools.com/article/m_7170
5. Електронний ресурс. Доступ - <https://www.alliedmachine.com/Products/Drilling/Indexable-Insert-Drills/Revolution-Drill/Overview.aspx>
6. Технологія інструментального виробництва: Під ред. Р.П.Родін, Н.С.Равська, П.П.Мельничук, А.Г.Касьянов: ЖІТІ, 2001
7. Системи інструментального забезпечення: Метод. Вказівки до практичної роботи «Похибка базування змінних многогранних пластин в корпусі інструменту» Текст / Уклад.: Ю. І. Адаменко – К.: НТУУ «КПІ», 2018.-17с
8. ГОСТ 19047-80 Пластини режущие сменные многогранне твердосплавне шестигранной формы с углом 80° и отверстием. Конструкция и размеры
9. ГОСТ 27301-87 Пластины режущие сменные многогранные твердосплавные с радиусом при вершине с односторонним тороидальным отверстием. Конструкция и размеры

					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/ Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656 с., ил.

11. ГОСТ 19086-80 Пластины сменные многогранные твердосплавные. Технические условия

12. Ванин В.А В172 Приспособления для метало­ре­жу­щих стан­ков: учеб. Пособие / В.А. Ванин, А.Н. Преображенский, В.Х. Фидаров – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 316-с. – 126 экз. ISBN 978-5-8265-0689-9

13. Проектирование и расчет станочных и контрольно-измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах: учеб. пособие / И.Н. Аверьянов, А.Н. Болотеин, М.А. Прокофьев; - Рыбинск: РГАТА, 2010. – 220 с. ил.

14. ТУ2.035.1143-93 Сверло с механическим креплением сменных многогранных твердосплавных пластин укороченное, повышенной жесткости, для рельсосверлильных работ

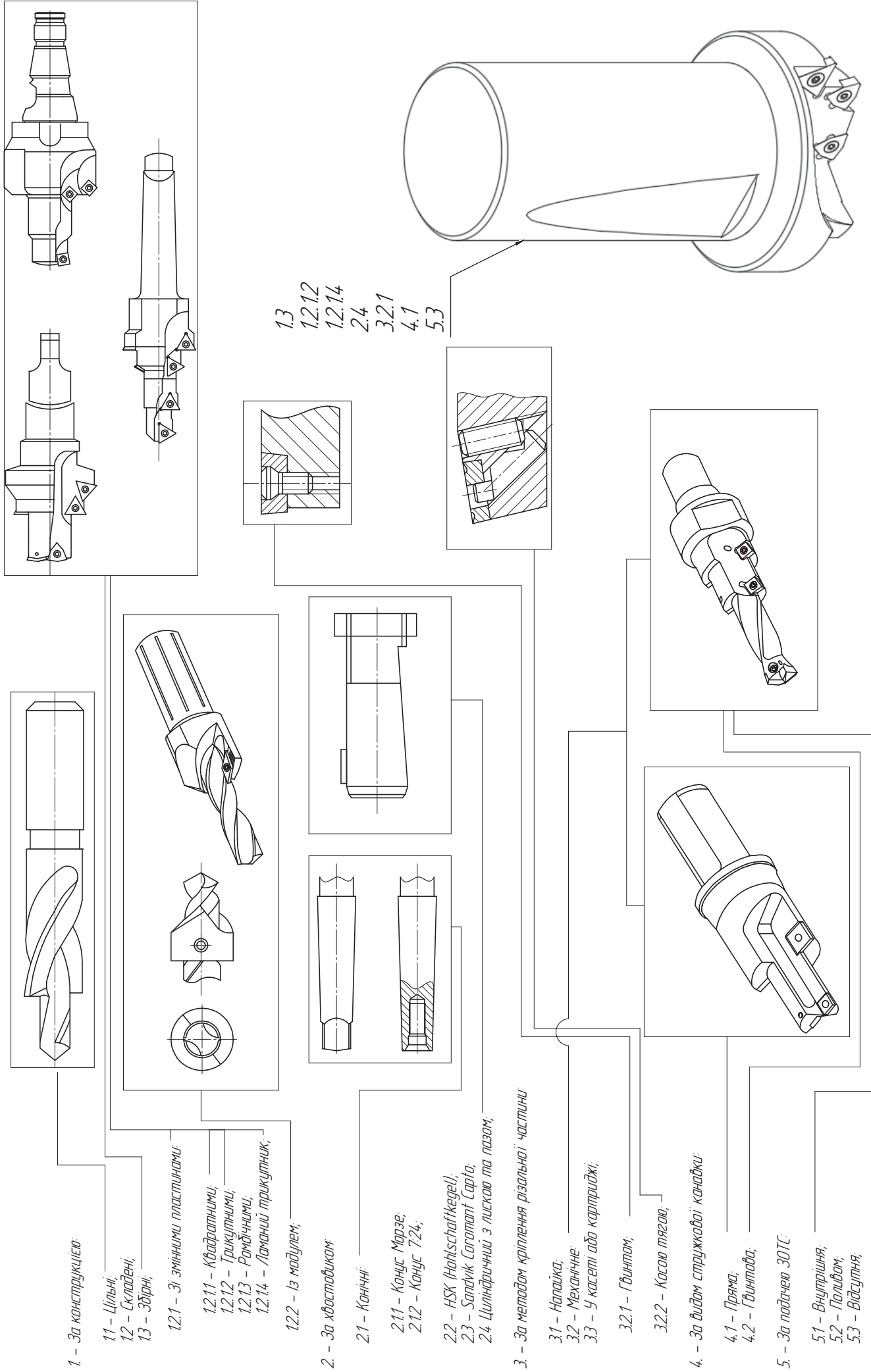
15. ГОСТ 15608-81 Пневмоцилиндры поршневые

16. Режущий инструмент: учебник для вузов по направлению "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроит. пр-в" / Д. В. Кожевников, В. А. Гречишников, С. В. Кирсанов [и др.] ; под ред. С. В. Кирсанова . - М.: Машиностроение , 2004 . - 511 с.

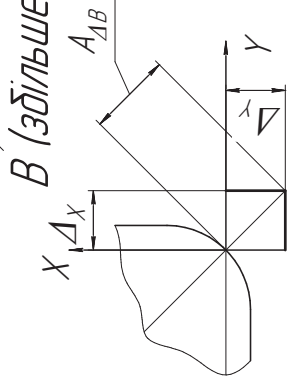
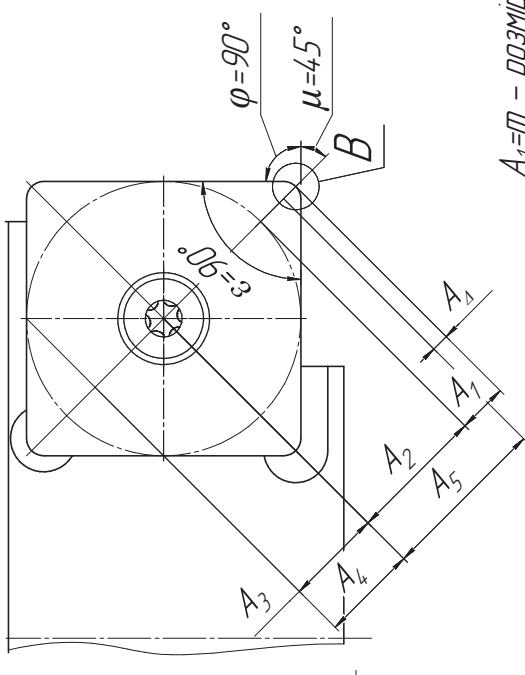
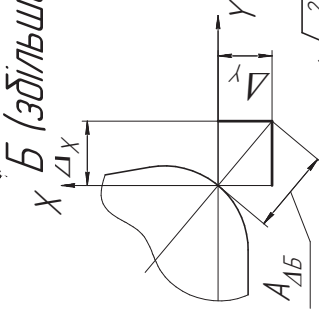
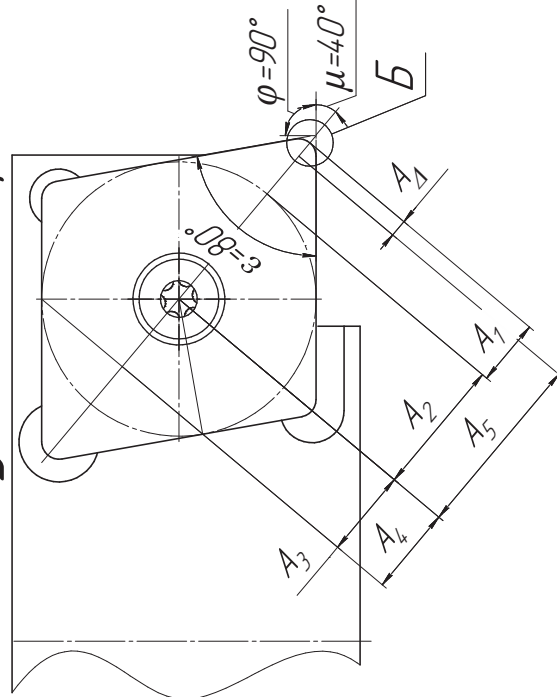
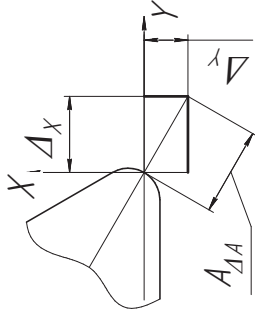
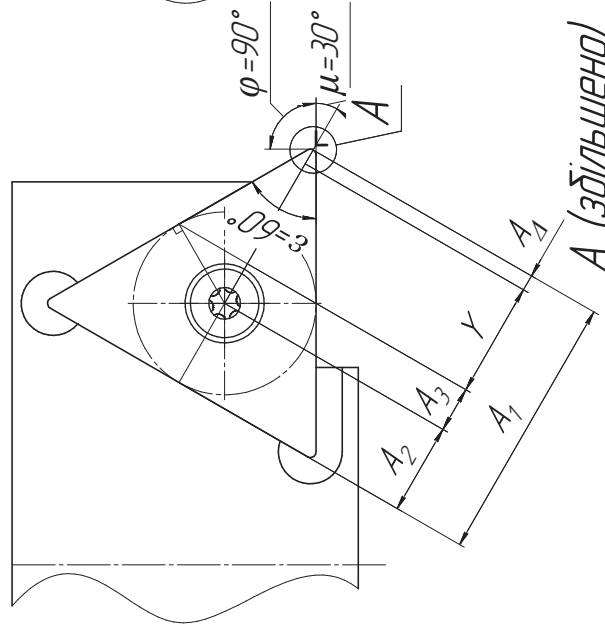
					ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Аналіз конструктивних елементів ступінчастих свердел



Походка базування твердосплавних пластин



$A_1 = m$ – розмір різальної пластини;
 $A_2 = d/2$
 $A_3 = d/2 \times \sin \mu$
 $A_4 = d/2 \times \sin \varepsilon$
 $A_5 = Y$ – теоретичний розрахунковий розмір

$$A_1 = \sqrt{T_m^2 + T_{0.5d}^2 + T_n^2 + T_{0.5d}^2} \times \cos \gamma_{пл} + \Delta_s \times \sin \gamma_{пл} \times \cos \mu$$
$$tg \gamma_{пл} = tg \gamma_{плБ} = tg \gamma_{плВ} = tg \gamma_{плГ} \times \cos \varphi + tg \gamma_{плД} \times \sin \varphi = tg 5^\circ \times \cos 90^\circ + tg 0^\circ \times \sin 90^\circ = 0^\circ$$

$$A_{1A} = \sqrt{0,20^2 + 0,13^2 + 0,1^2 + 0,13^2} \times \cos 0^\circ + 0,26 \times \sin 0^\circ \times \cos 30^\circ = 0,250 \text{ мм}$$
$$A_{1Б} = \sqrt{0,27^2 + 0,18^2 + 0,1^2 + 0,13^2} \times \cos 0^\circ + 0,26 \times \sin 0^\circ \times \cos 40^\circ = 0,278 \text{ мм}$$
$$A_{1В} = \sqrt{0,27^2 + 0,18^2 + 0,1^2 + 0,13^2} \times \cos 0^\circ + 0,26 \times \sin 0^\circ \times \cos 40^\circ = 0,278 \text{ мм}$$

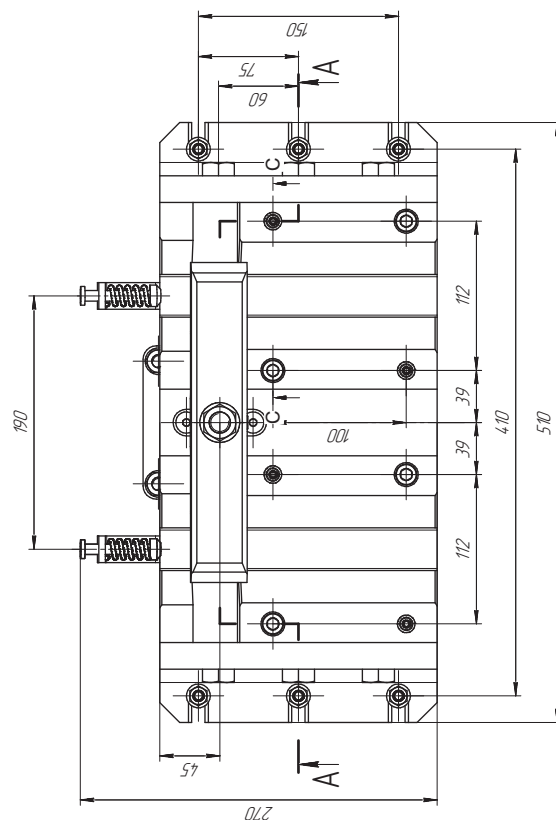
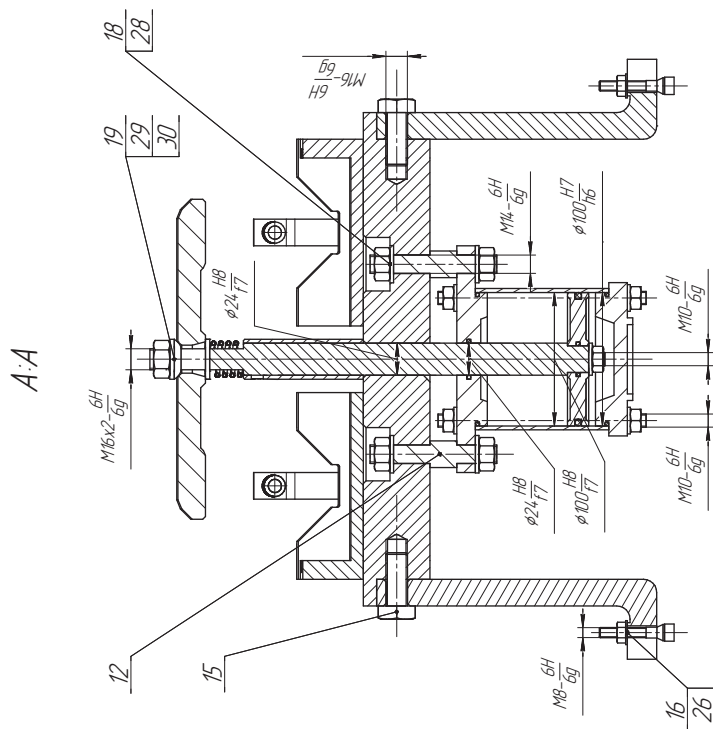
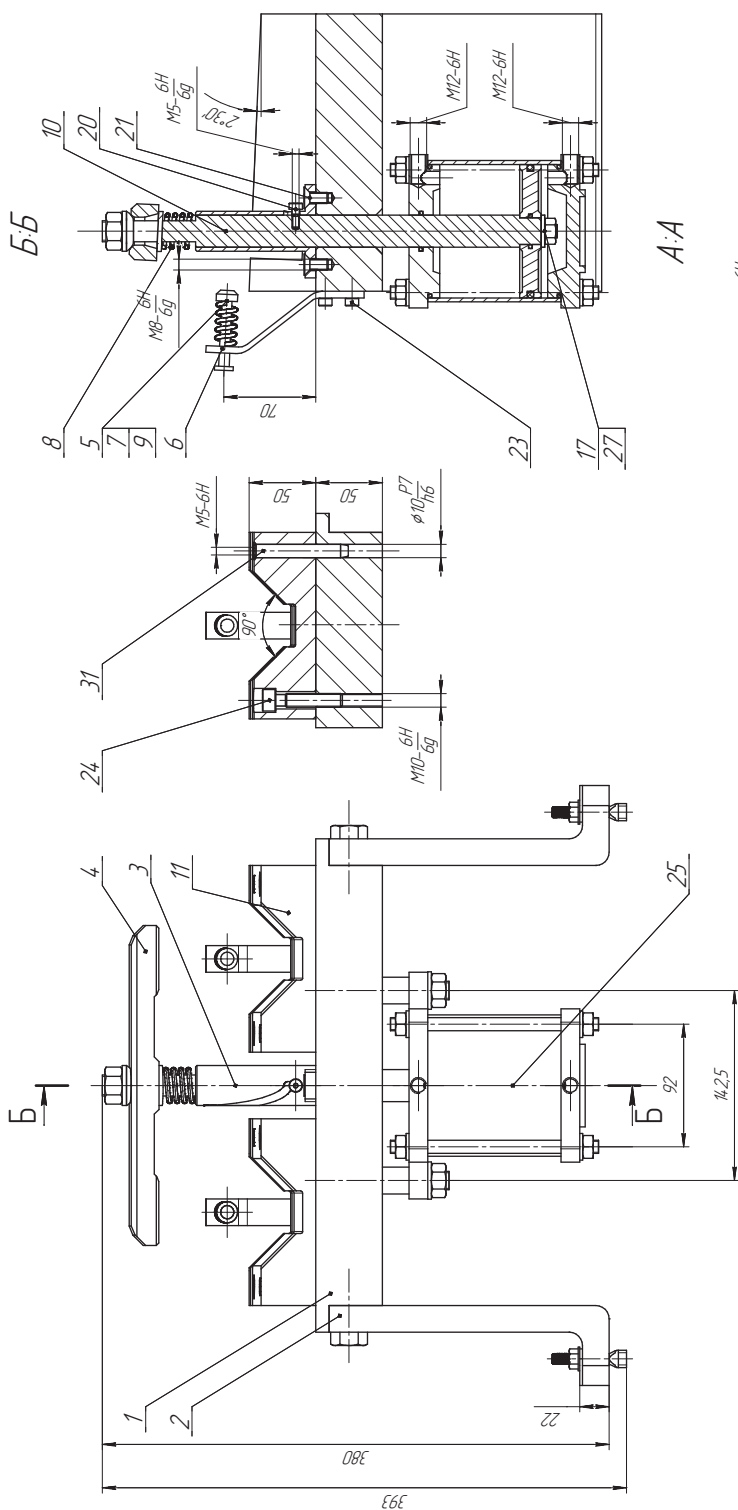
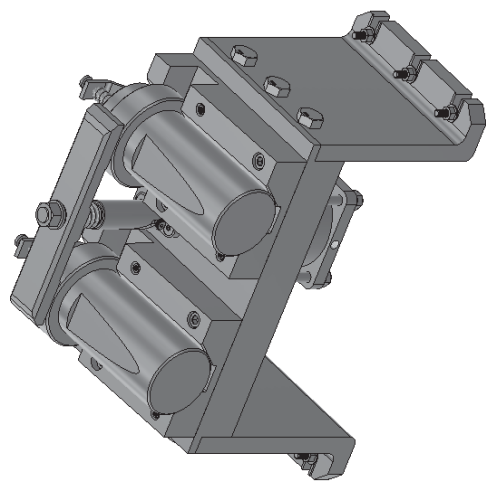
№	Параметр	Значення параметра	
		Трикутна	Ромбична
1	Форма пластини	Трикутна	Ромбична
2	Позначення пластини	$\alpha = 7^\circ$	$\alpha = 7^\circ$
3	Клас допуску	U	U
4	Розмір пластини	$d = 12,7 \text{ мм}; l = 22 \text{ мм}$	$d = 19,050 \text{ мм}; l = 19,3 \text{ мм}$
5	Робоча товщина пластини	$S = 4,76 \text{ мм}$	$S = 6,35 \text{ мм}$
6	Форма вершини	$r = 0,4 \text{ мм}$	$r = 1,2 \text{ мм}$

Пластина		Трикутна	Ромбична	Квадратна
Параметр	Допуск			
m – розмір різальної пластини	T_m	$\pm 0,20$	$\pm 0,27$	$\pm 0,27$
d – діаметр вписаного кола	$T_{0.5d}$	$\pm 0,13$	$\pm 0,18$	$\pm 0,18$
d1 – діаметр крильняного отвору	$T_{0.5d1}$	$\pm 0,13$	$\pm 0,13$	$\pm 0,13$
s – товщина пластини	T_s	$\pm 0,13$	$\pm 0,13$	$\pm 0,13$
l – співвідношення осей крильняного отвору та вписаного кола	T_l	0,100	0,100	0,100

$A_{1A} < A_{1Б} = A_{1В}$
 $0,250 < 0,278 < 0,278$
 $IT_D \phi 112 H14 = 0,087$
 $2 \times A_1 \leq IT_D$
 $0,50 < 0,87$

ΦΩΣΜΟΝ Α?

[illegible]

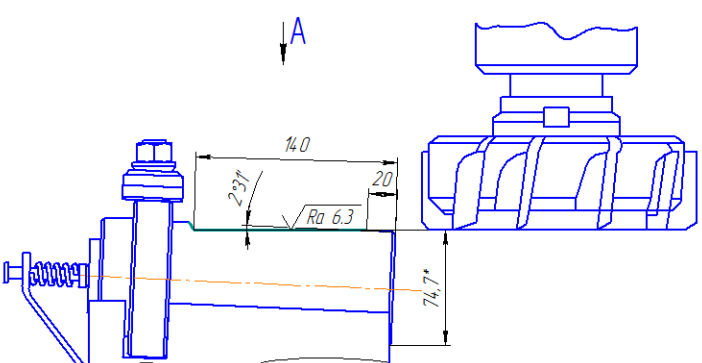


1. Сила закріплення в пристасуванні – 2960 Н;
2. ХД шпату пневмациліндра – 60 мм;
3. Рідкий тисн в пневмокамері – 0,4 МПа;
4. Радіус закріплення в пристасуванні – 0,0577 мм;
5. Вимоги до стисненого повітря, що використовується
6. Вимоги до пневматичних – по ГОСТ 5608-81;
7. Вимоги до пристасування – по ГОСТ 122029-88

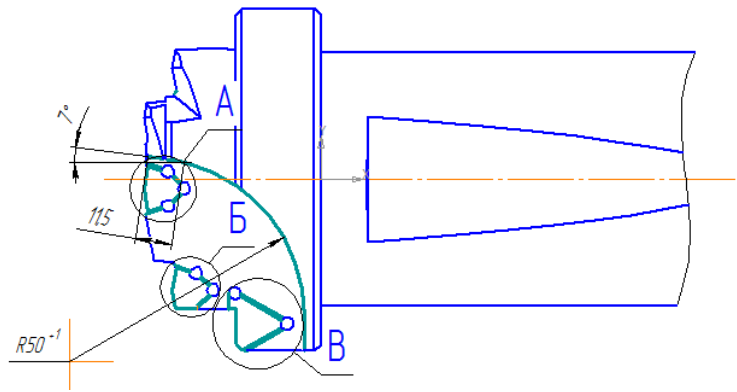
[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть.	Примітка	
				Документація			
A1			ДПБ.МІ-п6103.006 СК	Складальне креслення			
				Деталі			
		1		Стіл	1		
		2		Опора	2		
		3		Кожух	1		
		4		Коромисло	1		
		5		Притискач	2		
		6		Притискна планка	2		
		7		Пружина притискна	2		
		8		Пружина	1		
		9		Палець	2		
		10		Шток	1		
		11		Призма	2		
		12		Шпилька	2		
				Стандартні вироби			
		15		Болт М16х40-6д ГОСТ 7798-70	6		
		16		Гайка М8-6Н ГОСТ Р 50592-93	6		
		17		Гайка М10-6Н ГОСТ 5915-70	1		
		18		Гайка М14-6Н ГОСТ 5915-70	4		
		19		Гайка М16-6Н ГОСТ 5915-70	1		
		20		Гвинт М5х8-6д ГОСТ 28962-91	1		
		21		Гвинт М5х18-6д ГОСТ 17475-80	2		
				ДПБ.ММІ.МІ-п6103.000.СП			
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата.			
Розробив	Буріков О.О.						
Перевірив	Адаменко Ю. І.						
Н.контр.							
Затв.							
Пристосування фрезерне					Літера	Аркуш	Аркушів
						1	2
					НТУУ "КПІ ім. І.Сікорського", ММІ,МІ-п61		

[illegible]

Разраб.	Буріков									
Перевір.	Адаменко									
				КОМБІНОВАНЕ СВЕРДЛО ДЛЯ ОБРОБКИ СТУПІНЧАСТИХ ОТВОРІВ						
N. контр.	Адаменко									
				Найменування операції			Матеріал			
				025 Фрезерна			Сталь 40X ГОСТ 4543-71			
				Твердість	EB	MD	Профіль і розміри		M3	KOJD
				Устаткування, пристрій ЧПУ			Позначення програми			
				2E450AФ30						
				To	Tв	Tп.з.	Tшм.	СОЖ		
2,4				Емульсол СП-3 ГОСТ 5702-75						
P		ПИ	D или B	L	t	i	S	n	v	
001	1. Встановити, закріпити, зняти									
T02	Двомісне фрезерне пристосування									
003	2. Фрезерувати лиску на хвостовику									
T04	Фреза торцева ГОСТ 24359-80									
P05			21,1	120	5.25	1	0,5	100	50	
T06										
007										
T08										
P09										
T10										

Разраб.	Буріков																										
Перевір.	Адаменко																										
Н. контр.	Адаменко																										
КОМБІНОВАНЕ СВЕРДЛО ДЛЯ ОБРОБКИ СТУПІНЧАСТИХ ОТВОРІВ																											
																Найменування операції				Матеріал							
																035 Фрезерна				Сталь 40Х ГОСТ 4543-71							
																Твердість		ЕВ	МД		Профіль і розміри		МЗ		КОИД		
																Устаткування, пристрій ЧПУ				Позначення програми							
																2Е450АФ30											
																То		Тв		Тп.з.		Тшм.		СОЖ			
																19,23								Емульсол СП-3 ГОСТ 5702-75			
Р						ПИ	D или B		L		t		i		S	n		v									
001	1. Встановити, закріпити, зняти																										
T02	Трьохосьова поворотна головка																										
003	2. Фрезерувати стружкові канавки																										
T04	Фреза кінцева циліндрична ГОСТ 32405-2013																										
P05							50	50	2	21	0,15	300	32,3														
T06	3. Свердлити отвори під вихід фрези																										
007	Свердло спіральне ГОСТ 886-77																										
T08																											
P09							4	5	2	1	0,1	1400	18														
T10																											

Разраб.	Буріков													
Перевір.	Адаменко													
Н. контр.	Адаменко				КОМБІНОВАНЕ СВЕРДЛО ДЛЯ ОБРОБКИ СТУПІНЧАСТИХ ОТВОРІВ									
					Найменування операції				Матеріал					
					035 Фрезерна				Сталь 40Х ГОСТ 4543-71					
					Твердість		ЕВ	МД	Профіль і розміри		МЗ		КОИД	
					Устаткування, пристрій ЧПУ				Позначення програми					
					2E450AФ30									
					То		Тб	Тп.з.	Тшп.	СОЖ				
19,23					Емульсол СП-3 ГОСТ 5702-75									
Р			ПИ	D или B	L		t	i	S	n		v		
001														
T02														
003	4. Фрезерувати пази під твердосплавні пластини													
T04	Фреза кінцева циліндрична ГОСТ 32405-2013													
P05				8	8		1,5	2	0,08	800		20,1		
T06														
007	5. Фрезерувати пази під твердосплавні пластини													
T08	Фреза кінцева конусна кут ГОСТ 29129-91													
P09				4	4		1	1	0,03	800		9,9		
T10														

